
El
Origen
de la
Vida
OPARÍN A.
1924

Reseña

¿Cómo surgió la vida en la Tierra?

Una fascinante manera al recorrer estas páginas para descubrir una forma de explicar el origen de la vida.

Aleksandr Ivanovich Oparín, bioquímico ruso en el año de 1924 expuso de forma pionera la teoría que se sustenta sobre la base en las condiciones de la Tierra primitiva, en la capacidad de interacción de los elementos químicos que da lugar a compuestos más complejos, y en la evolución gradual de la materia inorgánica a la orgánica, hasta formarse las primeras células.

Sus teorías se enfrentaron inicialmente a una fuerte oposición; más aún cuando la obra fue escrita en un momento de la historia convulsa de posturas ideológicas, lo cual se refleja en algunos de sus pasajes, pero esto no en menoscabo de su legado científico.

Con el paso del tiempo ha recibido respaldo experimental y sus hipótesis han sido legitimadas por la comunidad científica mundial como una manera de comprender El Origen de la Vida en la Tierra.

Índice

Capítulo 1
La lucha del materialismo contra el idealismo y la religión en torno al origen de la vida

¿Qué es la vida, cuál es su origen? ¿Cómo han surgido los seres vivos que nos rodean? La respuesta a estas preguntas constituye uno de los problemas más grandes de las Ciencias Naturales. Consciente o inconscientemente, todos los hombres, cualquiera que sea el nivel de su desarrollo, se plantean estas preguntas y, mal o bien, les dan una respuesta. Sin responder a estas preguntas no puede haber ninguna concepción del mundo, ni siquiera la más primitiva.

El problema del origen de la vida viene preocupando al pensamiento humano desde tiempos inmemoriales. No hay sistema filosófico ni pensador famoso que no haya concedido a este problema la mayor atención. En las distintas épocas y en los diferentes grados del desarrollo cultural, al problema del origen de la vida se le daban soluciones diversas, pero siempre se ha entablado en torno a él una encarnizada lucha ideológica entre los dos campos filosóficos irreconciliables: el materialismo y el idealismo.

Al observar la naturaleza que nos rodea, solemos dividirla en el mundo de los seres vivos y en el mundo inanimado o inorgánico. El mundo de los seres vivos está representado por una variedad enorme de especies animales y vegetales. Más, a pesar de esa variedad, todos los seres vivos, desde el hombre hasta el microbio más minúsculo, tienen algo de común, algo que los hace afines y que, a la vez, distingue hasta a la bacteria más simple de los objetos del mundo inorgánico. Ese «algo» es lo que denominamos vida, en el sentido más sencillo y elemental de esta palabra. Pero ¿qué es la vida? ¿Es de naturaleza material, como todo el mundo restante, o su esencia reside en un principio espiritual, inaccesible al conocimiento basado en la experiencia?

Si la vida es de naturaleza material, estudiando las leyes que la rigen podemos y debemos modificar o transformar conscientemente y en el sentido deseado a los

seres vivos. Ahora bien, si todo lo vivo ha sido creado por un principio espiritual, cuya esencia es incognoscible, deberemos limitarnos a contemplar pasivamente la naturaleza viva, impotentes ante fenómenos que se supone inaccesibles a nuestro conocimiento y a los que se atribuye un origen sobrenatural.

Los idealistas siempre han considerado y siguen considerando la vida como manifestación de un principio espiritual supremo, inmaterial, al que dan el nombre de «alma», «espíritu universal», «fuerza vital», «razón divina», etc. Considerada desde este punto de vista, la materia en sí es algo inanimado e inerte. No sirve más que de material para la estructuración de los seres vivos, pero éstos no pueden originarse ni existir más que cuando el alma inculca vida a ese material y le da la forma y la armonía de su estructura.

Este concepto idealista de la vida constituye la base de todas las religiones del mundo. A pesar de su diversidad, todas ellas están de acuerdo en afirmar que un ser supremo (Dios) proporcionó un alma viva a la carne inanimada y perecedera, y que precisamente esa partícula eterna del ser divino es lo vivo, lo que mueve y mantiene a los seres vivos. Cuando se desprende, no queda más que la envoltura material vacía, un cadáver que se pudre y descompone. La vida es una manifestación del ser divino, y por eso el hombre no puede conocer la esencia de la vida ni, mucho menos, aprender a regularla. Tal es la conclusión fundamental de todas las religiones sobre la naturaleza de la vida, y no se concibe ninguna doctrina religiosa que no llegue a esa conclusión.

El problema de la esencia de la vida es abordado en forma totalmente distinta por el materialismo, según el cual la vida, como todo el mundo restante, es de naturaleza material y no necesita para su explicación el reconocimiento de ningún principio espiritual supra material. La vida no es más que una forma especial de existencia de la materia, que se origina y se destruye de acuerdo con determinadas leyes. La práctica, la existencia objetiva, y la observación de la naturaleza viva constituyen el camino seguro que nos conduce al conocimiento de la vida.

Toda la historia de la ciencia de la vida —la biología— nos muestra lo fecundo que es el camino materialista en el estudio de la naturaleza viva sobre la base de la observación objetiva, de la experiencia y de la práctica social histórica; de qué modo tan completo nos descubre ese camino la esencia de la vida y cómo nos permite dominar la naturaleza viva, modificarla conscientemente en el sentido deseado y transformarla en beneficio de los hombres que construyen el comunismo.

La historia de la biología nos ofrece una sucesión ininterrumpida de victorias de la ciencia, que demuestran la plena cognoscibilidad de la vida, y una sucesión ininterrumpida de derrotas del idealismo. Sin embargo, durante mucho tiempo ha existido un problema al que no se había podido dar una solución materialista, constituyendo, por esa razón, un buen refugio para las elucubraciones idealistas de todo género. Este problema era el del origen de la vida.

A diario observamos que los seres vivos nacen de otros semejantes. El ser humano nace de otro ser humano, la ternera, de una vaca; el polluelo sale del huevo puesto por una gallina; los peces nacen de las huevas puestas por otros peces análogos; las plantas salen de semillas que han madurado en plantas semejantes. Pero no siempre ha debido ser así. Nuestro planeta, la Tierra, tiene un origen, tiene que haberse formado en cierto período. ¿Cómo aparecieron en ella los primeros antepasados de todos los animales y de todas las plantas?

De acuerdo con las ideas religiosas, todos los seres vivos habrían sido creados originariamente por Dios. Este acto creador del ser divino habría hecho aparecer en la Tierra, de golpe y en forma acabada, los primeros antepasados de todos los animales y de todas las plantas que pueblan actualmente nuestro planeta. Un acto creador especial habría dado origen al primer hombre, del que descenderían todos los seres humanos de la Tierra.

Así, según la Biblia, el libro sagrado de los judíos y de los cristianos. Dios habría creado el mundo en seis días, con la particularidad de que al tercer día formó las plantas, al quinto los peces y las aves, y al sexto las fieras y, por último, los seres humanos, primero al hombre y después a la mujer. El primer hombre, Adán, habría

sido hecho por Dios de un material inanimado, de barro; después le habría dado un alma, convirtiéndolo así en un ser vivo.

El estudio de la historia de la religión demuestra que estos cuentos inocentes acerca del origen repentino de los animales y de las plantas, que aparecen hechos y derechos, como seres organizados, descansan en la ignorancia y en una interpretación simplista de la observación superficial de la naturaleza que nos rodea.

Ésta fue la razón de que durante muchos siglos se creyese que la Tierra era plana y se mantenía inmóvil, que el Sol giraba en torno a ella, levantándose por el oriente y ocultándose tras el mar o las montañas, por el occidente. Esa misma observación superficial hacía creer muchas veces a los hombres que distintos seres vivos, como, por ejemplo, los insectos, los gusanos, e incluso los peces, las aves y los ratones, no sólo podían nacer de otros animales semejantes, sino también surgir directamente, generarse de un modo espontáneo a partir del fango, del estiércol, de la tierra y de otros materiales inanimados. Siempre que el hombre tropezaba con la generación repentina y masiva de seres vivos, lo consideraba como una prueba de la generación espontánea de la vida. Y aún ahora, ciertas gentes incultas están convencidas de que los gusanos se engendran en el estiércol y en la carne podrida, y que diversos parásitos caseros surgen espontáneamente a partir de los desperdicios, las basuras y todo género de inmundicias. Su observación superficial no percibe que los desperdicios y las basuras no son sino el lugar, el nido donde los parásitos depositan sus huevos, que más tarde dan origen a nuevas generaciones de seres vivos.

Antiguas teorías de la India, Babilonia y Egipto nos hablan de esa generación repentina de gusanos, moscas y escarabajos que nacen del estiércol y de la basura; de piojos que se engendran en el sudor humano; de ranas, serpientes, ratones y cocodrilos procreados por el fango del Nilo; de luciérnagas que se originan en las chispas desprendidas de hogueras que se consumen. Estas fantasías acerca de la generación espontánea se relacionaban en tales teorías con las leyendas y

tradiciones religiosas. Las apariciones repentinas de seres vivos eran interpretadas únicamente como manifestaciones parciales de la voluntad creadora de los dioses o de los demonios.

En la Antigua Grecia, muchos filósofos materialistas negaban ya esa explicación religiosa del origen de los seres vivos. Sin embargo, el curso de la historia hizo que en los siglos siguientes se desarrollase y llegase a predominar una concepción enemiga del materialismo, la concepción idealista de Platón, filósofo de la antigua Grecia.

Según las ideas de este filósofo, la materia vegetal y animal, por sí sola, carece de vida, y sólo puede vivificarse cuando el alma inmortal, la «psique», se aloja en ella. Esta idea de Platón desempeñó un gran papel negativo en el desarrollo ulterior del problema que estamos examinando. Hasta cierto punto, se reflejó también en la doctrina de otro filósofo de la antigua Grecia, Aristóteles, convertida más tarde en base de la cultura medieval y que dominó en el pensamiento de los pueblos durante casi dos mil años.

En sus obras, Aristóteles no se limitó a describir numerosos casos de seres vivos que, según a él le parecía, surgían espontáneamente, sino que, además, dio a este fenómeno cierta base teórica. Este filósofo consideraba que los seres vivos, lo mismo que todos los demás objetos concretos, se formaban por la conjugación de cierto principio pasivo, la materia, con un principio activo, la forma. Esta última sería para los seres vivos la «entelequia del cuerpo», el alma. Ella era la que daba forma al cuerpo y la que lo movía. Resulta, por consiguiente, que la materia carece de vida, pero es abarcada por ésta, se forma armoniosamente y se organiza con ayuda de la fuerza anímica, que inculca vida a la materia y la mantiene viva.

Las ideas aristotélicas ejercieron gran influencia sobre toda la historia ulterior del problema del origen de la vida. Todas las escuelas filosóficas posteriores, tanto las griegas como las romanas, compartieron plenamente esta idea de Aristóteles acerca de la generación repentina de los seres vivos. A la vez, con el transcurso del

tiempo, la fundamentación teórica de la generación espontánea y repentina fue adquiriendo un carácter cada vez más idealista y hasta místico.

Este último carácter lo adquirió, en particular, a comienzos de nuestra era, entre los neoplatónicos. Plotino, jefe de esta escuela filosófica, muy difundida en aquella época, enseñaba que los seres vivos habían surgido en el pasado, y surgían aún, cuando la materia se animaba por el espíritu vivificador. Parece ser que fue Plotino el primero en formular la idea de la «fuerza vital», que pervive aún hoy día en las doctrinas reaccionarias de los vitalistas contemporáneos.

Para explicar el origen de la vida, el cristianismo primitivo se basaba en la Biblia, la cual, a su vez, había copiado de las leyendas místicas de Egipto y Babilonia. Las autoridades de la teología de fines del siglo IV y principios del V, los llamados padres de la Iglesia, fundieron estas leyendas con las doctrinas de los neoplatónicos, elaborando sobre esta base su propia concepción mística del origen de la vida, íntegramente mantenida hasta nuestros días por todas las doctrinas cristianas.

Basilio de Cesárea, obispo que vivió a mediados del siglo IV de nuestra era, en sus prédicas acerca de que el mundo había sido creado en seis días, decía que, por voluntad divina, la Tierra había engendrado de su propio seno las distintas hierbas, raíces y árboles, así como también las langostas, los insectos, las ranas y las serpientes, los ratones, las aves y las anguilas. «Esta voluntad divina —dice Basilio— sigue manifestándose hoy día con fuerza indeclinable».

El «beato» Agustín, contemporáneo de Basilio y una de las autoridades más influyentes de la Iglesia católica, trató de fundamentar en sus obras, desde el punto de vista de la concepción cristiana del mundo, la generación espontánea de los seres vivos.

Agustín consideraba que la generación espontánea de los seres vivos era una manifestación del arbitrio divino, un acto mediante el cual el «espíritu vivificador», las «invisibles semillas espirituales» daban vida a la materia inanimada. Así fue

como Agustín sentó la plena correspondencia de la teoría de la generación espontánea con los dogmas de la Iglesia cristiana.

La Edad Media añadió muy poco a esta concepción anticientífica. En el medioevo, las ideas filosóficas, cualquiera que fuera su carácter, sólo podían subsistir si iban envueltas en una capa teológica, si se cubrían con el manto de tal o cual doctrina de la Iglesia. Los problemas de las Ciencias Naturales quedaron relegados a segundo plano. Para juzgar de la naturaleza circundante, no se recurría a la observación ni a la experiencia, sino a la Biblia y a los textos teológicos. Tan sólo noticias muy escasas sobre problemas de las matemáticas, de la astronomía y de la medicina llegaban a Europa procedentes del Oriente.

Del mismo modo, y a través de traducciones a menudo muy desfiguradas, llegaron a los pueblos europeos las obras de Aristóteles. En un principio, su doctrina pareció peligrosa, pero luego, cuando la Iglesia comprendió que podía utilizarla con provecho para muchos de sus fines, elevó a Aristóteles a la categoría de «precursor de Cristo en los problemas de las Ciencias Naturales». Y según la acertada expresión de Lenin, «la escolástica y el clericalismo no tomaron de Aristóteles lo vivo, sino lo muerto…»[1]. Por lo que toca en particular al problema del origen de la vida, se había desarrollado ampliamente la teoría de la generación espontánea de los organismos, cuya esencia residía, a juicio de los teólogos cristianos, en la vivificación de la materia inanimada por el «eterno espíritu divino».

A título de ejemplo, podríamos citar a Tomás de Aquino, uno de los teólogos más famosos de la Edad Media, cuyas doctrinas siguen siendo hoy día para la Iglesia católica la única filosofía verdadera. En sus obras, Tomás de Aquino enseña que los seres vivos surgen al ser animada la materia inerte. Así se originan, en particular, al pudrirse el fango marino y la tierra abonada con estiércol, las ranas, las serpientes y los peces. Hasta los gusanos que en el infierno torturan a los pecadores, surgen allí según Tomás de Aquino, a consecuencia de la putrefacción de los pecados. Tomás de Aquino fue siempre un defensor y un propagandista de la demonología militante. Para él, el diablo existe en la realidad y es el jefe de todo un tropel de

demonios. Por eso aseguraba que la aparición de parásitos dañinos para el hombre no sólo puede producirse obedeciendo a la voluntad divina, sino también por las artimañas del diablo y de las fuerzas del mal a él sometidas. La expresión práctica de estas ideas la constituyeron los numerosos procesos incoados en la Edad Media contra las «brujas», a las que se acusaba de lanzar contra los campos ratones y otros animales nocivos que destruían las cosechas.

La Iglesia cristiana occidental tomó de la doctrina reaccionaria de Tomás de Aquino, convirtiéndolo en dogma, el principio de la generación espontánea y repentina de los organismos, según el cual los seres vivos se originarían de la materia inerte, al ser animada ésta por un principio espiritual.

Éste era también el punto de vista de las autoridades teológicas de la Iglesia oriental. Así, Demetrio, obispo de Rostov, que vivió en tiempos de Pedro I, defendía en sus obras el principio de la generación espontánea, en forma por demás curiosa para nuestras ideas actuales. Según él, durante el diluvio universal, Noé no había embarcado en su arca ratones, sapos, escorpiones, cucarachas ni mosquitos, es decir, ninguno de esos animales que «nacen del cieno y de la podredumbre… y en el rocío del cielo se engendran». Todos estos seres vivos perecieron con el diluvio, y «después del diluvio volvieron a engendrarse de esas mismas substancias».

La religión cristiana, lo mismo que todas las demás religiones del mundo, sigue sosteniendo hoy día que los seres vivos han surgido y surgen de golpe y enteramente formados, por generación espontánea, a consecuencia de un acto creador del ser divino, sin ninguna relación con el desarrollo de la materia.

Sin embargo, al profundizar en el estudio de la naturaleza viva, los hombres de ciencia han podido establecer que esa generación espontánea y repentina de seres vivos no se produce en ningún lugar del mundo que nos rodea. Esto quedó demostrado ya a mediados del siglo XVII para los organismos con cierto grado de desarrollo, y en particular para los gusanos, los insectos, los reptiles y los anfibios. Investigaciones posteriores confirmaron este aserto también por lo que respecta a

seres vivos de organización más simple, e incluso a los microorganismos más sencillos, que a pesar de no ser perceptibles a simple vista, nos rodean por todas partes, poblando la tierra, el agua y el aire.

Vemos, pues, que el «hecho» mismo de la generación repentina de seres vivos, que teólogos de distintas religiones trataban de explicar como un acto en que el espíritu vivificador daba vida a la materia inanimada y que constituía la base de todas las teorías religiosas del origen de la vida, resultó ser un «hecho» inexistente, fantasmagórico, asentado en observaciones falsas y en la ignorancia de sus interpretadores.

En el siglo XIX se asestó otro golpe demoledor a las ideas religiosas acerca del origen de la vida. C. Darwin y, posteriormente, otros muchos hombres de ciencia, entre ellos los investigadores rusos K. Timiriázev, los hermanos A. y V. Kovalevski, L. Méchinikov y otros, demostraron que, a diferencia de lo que enseñan las sagradas escrituras, nuestro planeta no había estado poblado siempre por los animales y las plantas que nos rodean en la actualidad. Las plantas y los animales superiores, comprendido el hombre, no surgieron de golpe, al mismo tiempo que la Tierra, sino en épocas posteriores de nuestro planeta y a consecuencia del desarrollo progresivo de seres vivos más simples. Éstos, a su vez, tuvieron su origen en otros organismos, aún más simples y que vivieron en épocas anteriores. Y así sucesivamente hasta llegar a los seres vivos más sencillos.

Estudiando los restos fósiles de los animales y de las plantas que poblaron la Tierra hace muchos millones de años, podemos convencernos en forma bien patente de que en aquellos tiempos la población viva de la Tierra era distinta a la actual, y de que cuanto más avanzamos en la profundidad de los siglos vemos que esa población es cada vez más simple y menos diversa.

Descendiendo gradualmente, de escalón en escalón, y estudiando la vida en formas cada vez más antiguas, llegamos en fin de cuentas a los seres vivos más simples, muy semejantes a los microorganismos de nuestros días, y que en tiempos eran los únicos que poblaban la Tierra. Pero, a la vez, surge inevitablemente la cuestión del

origen de las manifestaciones más simples y más primitivas de la naturaleza viva, de las que arrancan todos los seres vivos que pueblan la Tierra.

Las Ciencias Naturales, a la vez que refutaban la posibilidad de que lo vivo se engendrase independientemente de las condiciones concretas del desarrollo del mundo material, debían explicar el tránsito de la materia inanimada a la vida, es decir, explicar el origen de la vida.

En los geniales trabajos de F. Engels —«Anti-Dühring» y «Dialéctica de la Naturaleza»—, en sus notables generalizaciones de los adelantos de las Ciencias Naturales, se ofrece el único planteamiento acertado y científico del problema del origen de la vida. Engels señaló también el camino que habían de seguir en lo sucesivo las investigaciones en este terreno, camino por el que avanza con todo éxito la biología soviética.

Engels rechazó por anticientífica la opinión de que lo vivo puede originarse independientemente de las condiciones en que se desarrolla la naturaleza y patentizó la unidad existente entre la naturaleza viva y la naturaleza inanimada. Basándose en pruebas científicas, Engels consideraba la vida como un producto del desarrollo, como una transformación cualitativa de la materia, preparada en el período que precedió a la aparición de la vida por una serie de cambios graduales operados en la naturaleza y condicionados por el desarrollo histórico.

El gran mérito de la teoría darwinista consistió en haber dado una explicación científica, una explicación materialista a la aparición de los animales y plantas superiores mediante el desarrollo progresivo del mundo vivo y en haber recurrido al método histórico para resolver los problemas biológicos. Sin embargo, en el problema mismo del origen de la vida, muchos naturalistas siguen manteniendo, aún después de Darwin, el viejo método metafísico de abordar este problema. El mendelismo-morganismo, muy extendido en los medios científicos de América y de Europa Occidental, sostiene el principio de que los portadores de la herencia, lo mismo que de todas las demás propiedades de la vida, son los genes, partículas de una substancia especial concentrada en los cromosomas del núcleo celular. Estas

partículas habrían surgido repentinamente en la Tierra, en alguna época, conservando prácticamente invariable su estructura determinante de la vida, a lo largo de todo el desarrollo de ésta. Vemos, por consiguiente, que desde el punto de vista de los mendelistas-morganistas, el problema del origen de la vida se reduce a saber cómo pudo surgir repentinamente esa partícula de substancia especial, dotada de todas las propiedades de la vida.

La mayoría de los autores extranjeros que abordan esta cuestión (por ejemplo, Devillers en Francia y Alexander en Norteamérica), lo hacen en forma por demás simplista. Según ellos, la molécula del gen surge en forma puramente casual, gracias a una «feliz» conjunción de átomos de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y fósforo, los cuales se combinan «solos», para formar una molécula extraordinariamente compleja de esa substancia especial, que posee desde el primer momento todos los atributos de la vida.

Ahora bien, esa «circunstancia feliz» es tan excepcional e inusitada que únicamente podría haberse dado una vez en toda la existencia de la Tierra. A partir de ese momento sólo se produce una constante multiplicación del gen, de esa substancia especial que ha surgido una sola vez y que es eterna e inmutable.

Está claro que esa «explicación» no explica en esencia absolutamente nada. Lo que distingue a todos los seres vivos sin excepción es que su organización interna se halla extraordinariamente adaptada, podríamos decir que perfectamente adaptada al cumplimiento de determinadas funciones vitales: la alimentación, la respiración, el crecimiento y la multiplicación en las condiciones de existencia dadas. ¿Cómo ha podido surgir, mediante un acto puramente casual, esa adaptación interna, tan característica para todas las formas de vida, incluso para las más elementales?

Los que mantienen ese punto de vista niegan en forma anticientífica la regularidad del proceso que da origen a la vida, consideran que este acontecimiento, el más importante de la vida de nuestro planeta, es puramente casual, y, en consecuencia, no pueden darnos ninguna respuesta a la pregunta planteada, cayendo inevitablemente en las concepciones más idealistas y místicas, que afirman la

existencia de una voluntad creadora primitiva de origen divino y de un plan determinado de creación de la vida.

Así, en el libro de Shrodinger « ¿Qué es la vida desde el punto de vista físico?», publicado no hace mucho, en el libro del biólogo norteamericano Alexander «La vida, su naturaleza y su origen» y en otras varias obras de autores extranjeros, se afirma claramente que la vida sólo pudo surgir a consecuencia de la voluntad creadora de Dios. El mendelismo-morganismo se esfuerza por desarmar en el terreno ideológico a los biólogos que luchan contra el idealismo, tratando de demostrar que el problema del origen de la vida —el más importante de los problemas ideológicos— no puede ser resuelto si se mantiene una posición materialista.

Sin embargo, esa afirmación es totalmente falsa, y se puede refutar fácilmente si abordamos el problema que nos ocupa manteniendo el punto de vista de la única filosofía acertada y científica: el materialismo dialéctico.

Según el materialismo dialéctico, la vida es de naturaleza material. Sin embargo, la vida no es una propiedad inherente a toda la materia en general. Al contrario, la vida sólo es inherente a los seres vivos, careciendo de ella los objetos y materiales del mundo inorgánico.

La vida es una forma especial del movimiento de la materia. Pero esta forma no ha existido eternamente ni está separada de la materia inorgánica por un abismo infranqueable, sino que, por el contrario, surgió de esa misma materia, en el proceso del desarrollo del mundo, como una nueva cualidad.

El materialismo dialéctico nos enseña que la materia nunca permanece en reposo, sino que se mueve constantemente, se desarrolla, y en su desarrollo se eleva a peldaños cada vez más altos, adquiriendo formas de movimiento cada vez más complejas y más perfectas. Al elevarse de un peldaño inferior a otro superior, la materia adquiere nuevas cualidades, que antes no tenía. La vida es, pues, una nueva cualidad, que surge como una etapa determinada, como determinado peldaño del desarrollo histórico de la materia. Por lo expuesto se ve claramente que el camino

fundamental que nos conduce con seguridad a la solución del problema del origen de la vida es el estudio del desarrollo histórico de la materia, de ese desarrollo que condujo a la aparición de una nueva cualidad, a la aparición de la vida.

Ahora bien, la vida no surgió de golpe, como trataban de demostrar los partidarios de la generación espontánea y repentina. Hasta los seres vivos más simples tienen una estructura tan compleja que no pudieron haber surgido de golpe, pero sí pudieron y debieron formarse mediante transformaciones sucesivas y sumamente prolongadas de las substancias que los integran. Estas transformaciones se produjeron hace mucho tiempo, cuando la Tierra se estaba formando aún y en los períodos iniciales de su existencia. De aquí que para resolver acertadamente el problema del origen de la vida hay que recurrir al estudio de esas transformaciones, a la historia de la formación y del desarrollo de nuestro planeta.

En las obras de V. Lenin hallamos una idea muy profunda acerca del origen evolutivo de la vida. «Las Ciencias Naturales —decía Lenin— afirman positivamente que la Tierra existió en un estado tal que ni el hombre ni ningún otro ser viviente la habitaban ni podían habitarla. La materia orgánica es un fenómeno posterior, fruto de un desarrollo muy prolongado[2]».

A principios de siglo, al exponer en su obra « ¿Anarquismo o socialismo?» los fundamentos de la teoría materialista, J. Stalin señaló muy concretamente que el origen de la vida había seguido un camino evolutivo. Nosotros sabemos, por ejemplo —decía Stalin—, que en un tiempo la Tierra era una masa ígnea incandescente; después se fue enfriando poco a poco, más tarde aparecieron los vegetales y los animales, al desarrollo del mundo animal sucedió la aparición de una determinada variedad de monos, y luego, a todo ello, siguió la aparición del hombre.

Así se ha operado, en líneas generales, el desarrollo de la naturaleza[3].

Merece destacarse el hecho de que el camino evolutivo fue señalado por J. Stalin en una época en que todavía no había sido publicada la «La Dialéctica de la Naturaleza» de Engels[4] y cuando en el problema del origen de la vida dominaba

entre los naturalistas (incluso entre los avanzados) el principio mecanicista. Es tan sólo en el segundo decenio del siglo XX cuando la aplicación del principio evolutivo al estudio del problema que nos ocupa comienza a adquirir gran desarrollo en las Ciencias Naturales. A este respecto podemos citar, en particular, la opinión de nuestro célebre compatriota K. Timiriázev. En su artículo «De los anales científicos de 1812», y refiriéndose al problema del origen de la vida, dice: «… Nos vemos obligados a admitir que la materia viva ha seguido el mismo camino que los demás procesos materiales, es decir el camino de la evolución». «La hipótesis de la evolución que ahora se extiende no sólo a la biología, sino también a las demás ciencias de la naturaleza —a la astronomía, a la geología, a la química y a la física— nos persuade de que este proceso también se produjo probablemente al verificarse el paso del mundo inorgánico al orgánico».

Entre los trabajos aparecidos en la Unión Soviética merece destacarse especialmente el libro del académico V. Komarov «Origen de las plantas». Komarov analiza y rechaza la teoría de la eternidad de la vida y la suposición de que los seres vivos llegaron a la Tierra procedentes de los espacios interplanetarios, y añade: «La única teoría científica es la teoría bioquímica del origen de la vida, el profundo convencimiento de que su aparición no fue sino una de las etapas sucesivas de la evolución general de la materia, de esa complicación creciente de la larga serie de compuestos carbonados del nitrógeno».

En nuestros días, el principio del desarrollo evolutivo de la materia es aceptado ya por muchos naturalistas, no sólo en la Unión Soviética, sino también en otros países. Pero la mayoría de los investigadores de los países capitalistas únicamente hacen extensivo este principio al período de la evolución de la materia que precede a la aparición de los seres vivos. Pero cuando se trata de esta etapa, la más importante de la historia del desarrollo de la materia, estos investigadores se deslizan inevitablemente hacia las viejas posiciones mecanicistas, invocan la «feliz casualidad» o buscan la explicación en inescrutables fuerzas físicas.

En el problema del origen de la vida, las modernas Ciencias Naturales tienen planteada la tarea de trazar un cuadro acertado de la evolución sucesiva de la materia que ha conducido a la aparición de los primitivos seres vivos, de analizar, sobre la base de los datos proporcionados por la ciencia, las distintas etapas del desarrollo histórico de la materia y descubrir las leyes que han ido surgiendo sucesivamente en el proceso de la evolución y que han determinado el devenir de la vida.

Capítulo 2
Teorías de la continuidad de la vida

Mediante sus experimentos, Pasteur demostró de modo indudable la imposibilidad de la autogeneración de la vida, en el sentido que se imaginaban sus predecesores. Mostró que los organismos vivos no pueden formarse repentinamente ante nuestros ojos partiendo de las soluciones e infusiones amorfas.

Un cuidadoso examen de las investigaciones revela, sin embargo, que nada se opone a la posibilidad de la generación de la vida en otra época o en otras circunstancias. Incidentalmente, el mismo Pasteur, con la reserva que le caracterizaba, hace ciertas salvedades al referirse a sus experimentos. No obstante, sus contemporáneos dieron más amplia interpretación a los hallazgos, considerándolos como la prueba absoluta de la imposibilidad de una transición desde la materia muerta a los organismos vivos. Por ejemplo, el famoso físico inglés *Lord* Kelvin (1871), se expresaba muy claramente a este respecto cuando decía que, basándose en los experimentos de Pasteur, la imposibilidad de la autogeneración de la vida en todos los tiempos y en todos los lugares había quedado tan firmemente establecida como la ley de la gravitación universal. Esta opinión fue compartida por numerosos investigadores para quienes la vida era radicalmente diferente de la materia inanimada en reposo. Por tanto, parecería absurdo plantear el problema del origen de la vida, ya que ésta sería de una categoría tan eterna como la materia misma. La vida es eterna; únicamente cambia su forma, pero jamás se ha originado de la sustancia muerta.

Los experimentos de Pasteur habían revolucionado completamente las concepciones de los naturalistas respecto al origen de la vida. En primer término se había creído que los seres vivos se originaban con facilidad, pudiéramos decir que ante nuestros ojos, de la materia muerta; luego, en cambio, se pensó que la vida nunca puede originarse, sino que debió y debe existir eternamente. Esta contradicción de opiniones es únicamente aparente y un cuidadoso examen del

problema muestra que la teoría de la generación espontánea y la teoría de la continuidad de la vida están basadas en el mismo aspecto dualista de la naturaleza. Ambas teorías parten exclusivamente de la misma concepción de que la vida está dotada de absoluta autonomía, determinada por principios y fuerzas especiales aplicables únicamente a los organismos, y cuya naturaleza es radicalmente diferente de la de los principios y fuerzas que actúan sobre los objetos inanimados.

Pero desde el punto de vista opuesto, desde el punto de vista de la unidad de las fuerzas que operan sobre la naturaleza viva e inanimada, la generación espontánea de los organismos, tal como se ha descrito en el capítulo precedente, es completamente imposible e inadmisible. Como ya ha sido antes indicado, incluso los seres vivos más sencillos poseen una estructura u organización muy compleja. No conocemos las fuerzas físicas o químicas que pueden causar, en las condiciones experimentales descritas, la aparición de organismos a partir de soluciones no estructuradas de substancias orgánicas. Por tanto, la generación repentina de organismos puede ser explicada en la forma supuesta por San Agustín, es decir, como un acto de la voluntad divina (milagro) o como el resultado de alguna «fuerza vital». Es la «entelequia» aristotélica que abarca toda la materia y que se forma con un fin determinado en los organismos vivos. Es el espíritu de la vida (*spiritus vitae*) de Paracelso, el «arcano» de van Helmholtz, que según sus conceptos reside en las semillas, y dirige el proceso de la creación y de la autogeneración. Finalmente, son *Las Mónadas* de Leibniz que representan los centros inmutables de la fuerza de un carácter espiritual. De modo análogo, los últimos partidarios de la generación espontánea, Buffon, Neeham, Pouchet se contaban entre los más convencidos vitalistas y creían que una fuerza vital, capaz de vivificar la substancia orgánica de las soluciones e infusiones, dormía en cada una de las partículas de materia orgánica. La acción de esta fuerza no está regida por leyes físicas generales, sino que es completamente «*sui generis*» y, por tanto, puede transformar materia inanimada en animada en un abrir y cerrar de ojos.

Es difícil demostrar que la misma concepción vitalista, el mismo dualismo, late en el fondo de la teoría de la continuidad o eternidad de la vida. Cualquiera que sea la forma que puedan asumir las teorías de la continuidad de la vida conducen siempre a una insondable laguna entre el reino de la organización y el de la naturaleza inorgánica. Pero decir que la vida jamás tiene un origen y que existe eternamente, significa decir que existe una autonomía absoluta de los organismos vivos.

F. Engels[5], en su Dialéctica de la Naturaleza, somete a una descarnada crítica, las teorías de la generación espontánea y de la eternidad de la vida. Al discutir los conceptos referentes a que los nuevos organismos vivos pueden surgir de la destrucción de otros organismos, concluye que tal suposición es contraria a todos nuestros modernos conocimientos. «Los químicos, mediante sus análisis del proceso de la descomposición de los cuerpos organizados muertos, demuestran que en cada paso que avanza este proceso se forman productos que están cada vez más cerca del mundo inorgánico, productos que cada vez son menos utilizables por el mundo organizado. Pero el proceso puede tomar una dirección diferente y los productos de la descomposición llegan a ser utilizables si penetran en organismos existentes adecuadamente adaptados». Más adelante, al considerar los experimentos realizados para demostrar la generación primaria, exclama irónicamente: «Es una locura intentar forzar a la naturaleza para que realice en veinticuatro horas, con la ayuda de una pequeña cantidad de agua pestilente, lo que ha ejecutado en millares de años».

Pero Engels rechaza igualmente la concepción de la eternidad de la vida citando un párrafo muy característico de Liebig: «Es suficiente admitir que la vida es tan antigua y tan eterna como la materia misma y todo el argumento acerca del origen de la vida pierde al parecer todo sentido por su simple admisión. Realmente no nos es posible imaginar que la vida orgánica carezca de un comienzo, como carecen el carbono y sus combinaciones o como carecen toda la materia no creada e indestructible y las fuerzas eternamente ligadas con el movimiento de la materia en el espacio universal». Engels muestra que tal concepto sólo puede ser basado sobre

el reconocimiento de alguna fuerza vital especial, como principio modelador de la forma, que es completamente incompatible con la concepción materialista del mundo. Engels hace notar, además, que la afirmación de Liebig de que los compuestos del carbono son tan eternos como el carbono mismo es inexacta o incluso errónea. Engels puntualiza que los compuestos del carbono son eternos en el sentido de que en condiciones constantes de mezcla, temperatura, presión, potencial eléctrico, etc; son siempre los mismos. Pero en la actualidad nadie puede decir que, por ejemplo, los compuestos más simples del carbono como el CO_2 o el CH_4 son eternos en el sentido de que hayan existido en todos los tiempos, en lugar de estarse formando continuamente partiendo de ciertos elementos. Si la proteína viva es eterna en el mismo sentido en que lo son otros compuestos del carbono, no sólo debe disociarse constantemente en sus elementos, como en realidad sucede, sino que debe también formarse continuamente a partir de esos elementos, sin la cooperación de la proteína preexistente. Esta suposición es diametralmente opuesta a la idea de Liebig.

Lo mismo puede decirse, e incluso en una más amplia medida, por lo que se refiere a los organismos vivos. La idea de que los seres vivos siempre surgen en determinadas condiciones no tiene nada que ver con el concepto de la eternidad de la vida. Por el contrario, indica la necesidad de que se originen organismos a partir de la materia inanimada. Pero los partidarios de la teoría de la eternidad de la vida afirman que en todos los tiempos existe eternamente igual principio, que pasa de organismo a organismo, sin que sea imposible el origen de los seres vivos. Siguiendo este camino en el razonamiento caeremos invariablemente en la sima de las concepciones vitalistas.

Engels afirma que una filosofía materialista firme puede avanzar muy poco en la tentativa de resolver el problema del origen de la vida. La vida nunca ha surgido espontáneamente, ni ha existido eternamente. Por tanto, debe ser el resultado de una larga evolución de la materia siendo su origen un simple paso en el curso de su desenvolvimiento histórico.

Consideramos únicamente dos teorías fundamentales basadas en la concepción de la continuidad de la vida: La teoría del Cosmozoa, la de la Panspermia, estrechamente ligada a ella, y la teoría de Preyer[6] de la eternidad de la vida. Aunque esta última es posterior, la expondremos en primer término debido a que difiere de los restantes puntos de vista filosóficos y además porque ahora tan sólo tiene un interés histórico. Por otra parte, la teoría de la Panspermia ha pasado por diferentes fases y puede encontrarse en algunas obras científicas contemporáneas. Partiendo de la premisa, comprobable empíricamente, de que todos los organismos derivan de organismos similares, Preyer plantea esta cuestión: « ¿No está basado el problema del origen de la vida en la errónea suposición de que la vida debe proceder de lo que no vive? Todos los organismos invariablemente se originan de otros organismos vivos. Por otra parte, la substancia inorgánica inanimada debe originarse no sólo de otras materias sin vida, sino también de los organismos vivos que se comportan como una masa inanimada después de su muerte».

Pero si la vida jamás se ha producido en la substancia no viva y ha procedido siempre de la vida, ésta debe haber existido incluso en la época en que la Tierra era una masa fundida. Preyer acepta esta conclusión y considera como vivientes no sólo los organismos actuales, sino también las masas líquidas fundidas que existían en la más remota antigüedad: «Si prescindimos de la vida completamente arbitraria y no fundada en los hechos de que el protoplasma sólo puede existir en su presente composición, y del cómodo y viejo prejuicio de que al principio sólo había substancia inorgánica, podemos, sin temor, dar una nuevo y audaz paso, desechando por completo la creencia en un origen primario y reconociendo la corriente de la vida con independencia del tiempo». Sobre tales fundamentos, Preyer hace el siguiente bosquejo de la vida continua. Originariamente toda la masa líquida ígnea de la tierra era un único y vigoroso organismo, cuya vida se manifestaba por el movimiento de su sustancia. Pero cuando la Tierra comenzó a enfriarse, las sustancias que ya no podían permanecer en el estado líquido se separaron en una masa sólida y formaron la sustancia inorgánica muerta. Más

adelante prosiguió este proceso, pero al principio las masas líquidas fundidas representaron la vida sobre la Tierra en oposición a los cuerpos inorgánicos. «Sólo cuando en el curso del tiempo estas combinaciones se petrificaron sobre la superficie de la Tierra, es decir, murieron, aquellas otras que hasta entonces habían permanecido en estado gaseoso o líquido adquirieron gradualmente el aspecto del protoplasma, constituyendo todo lo que hoy se considera vivo… Por tanto, afirmamos que el movimiento es el comienzo de la vida en el mundo y que el protoplasma es el residuo que ha quedado vivo después que las sustancias actualmente consideradas como inorgánicas se separaron y depositaron sobre la superficie enfriada del planeta».

Tal es la manera como Preyer desarrolla su concepción, profundamente idealista, pero muy antigua, de una esencia vital universal, y establece una interpretación extraordinariamente amplia e indefinida respecto a la idea de la «vida». Si excluimos la interpretación y nos detenemos únicamente sobre el problema del origen de los organismos protoplasmáticos actuales, la teoría no nos ofrece nada concreto. De todos modos, esta hipótesis se mantuvo durante algún tiempo y consiguió buen número de partidarios, caracterizando el tipo de ideas que dominó a finales del último siglo, en cuanto se refiere al origen de la vida.

La otra teoría, que más tarde fue designada con el nombre de teoría del Cosmozoa, intenta conciliar el principio de la eternidad de la vida con la concepción del origen de nuestro planeta. Todos los partidarios de esta teoría afirman que la vida ha existido eternamente, que jamás se ha creado, ni ha surgido de la materia muerta. Pero de ser así, ¿cuándo se originó la vida sobre la Tierra? La Tierra misma no es eterna, debió tener algún comienzo cuando se separó del Sol, y, en realidad, durante el primer período de la existencia no pudo haber estado poblada de organismos debido a las condiciones desfavorables de la temperatura. Para vencer esta dificultad se emitió la idea de que los gérmenes de la vida llegaron a la Tierra desde los espacios interestelares e interplanetarios, de modo análogo a como llegan los gérmenes del aire exterior hasta el interior de los frascos de Pasteur. Esta

concepción fue estructurada en el año 1865 por Richter, quien partía de la suposición de que a consecuencia de los enérgicos movimientos de los cuerpos cósmicos se desprenderían pequeños fragmentos de partículas sólidas, los cuales serían capaces de transportar a otros lugares, desde dichos cuerpos cósmicos, esporos vivos de microorganismos. Las partículas flotantes en los espacios interestelares podrían llegar accidentalmente a otros cuerpos cósmicos y si en ellos eran favorables las condiciones de vida (humedad y temperatura moderada) comenzarían a desarrollarse constituyendo los antepasados de todo el reino organizado de los cuerpos planetarios. Richter[7] supone que en diferentes partes del universo existen siempre cuerpos cósmicos en los cuales existe la vida en forma celular. Posteriormente esta idea fue desarrollada por Liebig[8], quien mantuvo que «la atmósfera de los cuerpos celestes, así como la de las grandes nebulosas, puede ser considerada, en todo momento, como el santuario de las formas animadas, las plantaciones eternas de los gérmenes orgánicos». Por tanto, la existencia de organismos vivos en el universo es eterna: en realidad la vida orgánica nunca se crea, sino que se transmite desde un planeta al siguiente. Según Richter el problema no es el modo como se origina la vida, sino la manera como los gérmenes son transportados desde un cuerpo celeste a otro.

Richter prestó atención especial a la posibilidad de que los gérmenes vivos pasasen de un cuerpo celeste a otros a través de los espacios del universo que los separan. Puntualizó que los gérmenes organizados pueden hallarse durante largo tiempo en estado durmiente, sin necesidad de agua ni alimentos, reviviendo en cuanto las condiciones son favorables. El único peligro para la existencia de estos gérmenes está constituido por la elevación de la temperatura que resulta de la enorme fricción que los cuerpos experimentan al atravesar la atmósfera de la Tierra. De todos modos, algunos meteoritos contienen indicios de carbono y de otras sustancias fácilmente inflamables. Si estas sustancias pueden llegar a la Tierra sin arder es también posible que los gérmenes puedan atravesar la atmósfera sin que su capacidad de vivir disminuya.

H. von Helmholtz[9] desarrolló una idea análoga algunos años después que Richter. El conocido fisiólogo alemán parte de la disyuntiva de que la vida orgánica o ha tenido un comienzo o ha existido eternamente, inclinándose a la segunda alternativa, y supone que los gérmenes vivos serían traídos a la Tierra por los meteoritos. Basa esta posibilidad sobre el hecho de que los meteoritos, al pasar a través de la atmósfera de la Tierra, se calientan únicamente en la superficie, mientras su interior permanece frío. Dicho autor se expresa así: « ¿Cómo negar que tales cuerpos flotantes por doquier en el espacio universal conducen los gérmenes de la vida, siendo capaces de provocar la creación de seres organizados cuando las condiciones de los planetas son favorables?».

Por tanto, en su introducción al Tratado de Física Teórica de Thomson, Helmholtz[10] comenta del siguiente modo la teoría del Cosmozoa: «Cuando alguien considera esta teoría como poco probable y hasta como muy dudosa, nada tengo que argüir contra ello. Pero me parece que si han fracasado todas las tentativas para crear organismos partiendo de la materia inanimada, se sale de los dominios de la ciencia discutir si la vida ha sido creada, si es o no justo considerarla tan antigua como la materia misma, y en fin, si los gérmenes pueden o no ser transportados desde un cuerpo celeste a otro, echando raíces o desarrollándose cuando las condiciones del terreno son favorables».

Como puede verse incluso Helmholtz no está plenamente convencido de la exactitud de su razonamiento. La teoría por sí misma se halla más allá de los horizontes científicos, pues incluso la más cuidadosa investigación de los meteoritos ha sido incapaz de demostrar la existencia no sólo de organismos o de sus residuos, sino también de formaciones sedimentarias o bioquímicas. Tan sólo en los últimos años, Ch. Lipman[11] intentó hacer resucitar estas ideas. Examinó cierto número de meteoritos buscando posibles indicios de organismos vivos. Usando una técnica muy complicada, para excluir la posibilidad de contaminación de los meteoritos con bacterias de la Tierra, llega a la conclusión de que en el interior de ellos se encuentran bacterias vivas y sus esporos. Los organismos

encontrados son idénticos a las formas bacterianas que existen en la Tierra. Precisamente esto hace pensar en que, a pesar de todas sus precauciones, Lipman no consiguió evitar la contaminación de los meteoritos por las bacterias terrestres. Como en las diferentes regiones de nuestro planeta pueden incluso incorporarse formas diferentes de microorganismos, sería extraordinariamente extraño que en los remotos planetas se hallasen formas bacterianas iguales a las que pueblan la Tierra.

En los primeros años del siglo XX la idea del transporte de gérmenes desde un cuerpo celeste a otro ha vuelto a resucitar constituyendo la teoría llamada de la Panspermia, emitida por el ilustre fisicoquímico sueco Arrhenius. Siendo un partidario convencido de que la vida está dispersada por el espacio universal, demuestra de modo muy convincente, mediante cálculos, la posibilidad de que sean transportadas partículas desde un cuerpo celeste a otro. La fuerza activadora principal es el impulso ejercido por los rayos luminosos, descubierto por Clerck Maxwell y comprobado experimentalmente, de modo brillante por P. Lebedev.

Arrhenius[12] expone, del siguiente modo, la manera como son transportadas las pequeñas partículas e incluso los esporos de los microorganismos a través del espacio interestelar e interplanetario. Las corrientes de aire ascendentes, especialmente poderosas durante las grandes erupciones volcánicas, pueden transportar diminutas partículas a alturas superiores a cien kilómetros alrededor de la superficie de la Tierra. En las capas superiores de la atmósfera, y debido a numerosas causas, se producen siempre descargas eléctricas capaces de lanzar las partículas fuera de la atmósfera terrestre, hacia los espacios interplanetarios, donde son impulsadas cada vez más lejos por la fuerza unilateral de los rayos solares. En ciertas condiciones este fenómeno da lugar a que nuestro planeta forme una cola parecida a la de un cometa, pero, como es natural, de dimensiones mucho menores. Esta cola está constituida por las partículas más finas de materia procedente de la Tierra, repelidas por la acción de los rayos del Sol. Según Arrhenius, en otros planetas se producen fenómenos análogos.

De este modo, en todos los momentos, la superficie de la Tierra, así como también la de los otros cuerpos celestes, pueden lanzar diminutas partículas de sustancia. Cuando un planeta está habitado por organismos vivos, particularmente microorganismos, sus esporos pueden ser proyectados de este modo a los espacios interestelares. Arrhenius ha calculado que los esporos bacterianos de un diámetro de 0,0002-0,0015 mm., se mueven velozmente en el vacío bajo la influencia de los rayos solares. Separados de la Tierra tales esporos pueden atravesar los límites de nuestro sistema planetario en 14 meses, y en 9000 años son capaces de alcanzar la estrella más cercana, a Centauro.

El movimiento de los esporos de los microorganismos puede realizarse también hacia el Sol. Los gérmenes vivos llevados al espacio interestelar pueden coincidir con partículas de polvo cósmico de volumen relativamente grande. Cuando un esporo se adhiere a una partícula de diámetro superior a 0,0015 mm., su movimiento se invierte y entonces se dirige hacia el Sol, debido a que el impulso de la luz ya no es capaz de vencer la gravitación de las partículas pesadas hacia el Sol. Arrhenius piensa que de este modo la Tierra pudo cubrirse con esporos de microorganismos que llegaron a nuestro sistema solar desde otros mundos estelares. Como es natural esto sólo sucede cuando los esporos conservan la vitalidad después de su largo viaje a través del espacio.

Este aspecto del problema recibe especial atención por parte de Arrhenius y otros partidarios de su teoría. Arrhenius discute detalladamente todos los peligros a que están sometidos los gérmenes vivos durante su paso de planeta a planeta. Según Arrhenius, la ausencia de humedad o de oxígeno y el extraordinario frío en el espacio interplanetario no ofrecen peligros para los esporos de los microorganismos, ni tampoco el calentamiento de las partículas, cuando caen rápidamente a través de la atmósfera de la Tierra, daña su existencia. Arrhenius deduce de sus cálculos que la temperatura no debe exceder de 100° y dura tan sólo breve tiempo. Es sabido que los esporos conservan su vitalidad después de ser sometidos a esa temperatura, y, por tanto, dicho autor piensa que es razonable

considerar al transporte de gérmenes vivos desde un sistema planetario a otro como la causa del origen de la vida en la Tierra. Esta teoría ha conseguido muchos partidarios, siendo enérgicamente defendida por Kostychev[13].

Sin embargo, las ulteriores investigaciones realizadas en este sentido, y que han permitido un mejor conocimiento del mundo, poniendo en claro nuevos hechos, han sido contrarias a esa teoría y parece cada vez menos probable que puedan ser transportados los gérmenes vivos de un planeta a otro.

Como es bien sabido, los astrónomos modernos consideran nuestro sistema solar, consistente en un cuerpo central alrededor del cual giran los planetas, como un fenómeno más bien raro en el universo de los astros. Para que tal sistema haya podido formarse es necesario que, en un remoto período de su existencia, un cuerpo celeste, una estrella de una masa semejante a nuestro Sol, se haya encontrado relativamente cerca de él. Como resultado de la atracción entre dicha estrella y el Sol se ha debido desprender de la superficie del Sol una nube de gases hipercalentados, de la cual se ha debido formar, luego, nuestro sistema planetario, incluso la Tierra.

Pero esta especie de reunión o aproximación de dos estrellas en el espacio universal tiene que ser un acontecimiento muy poco frecuente. Un ejemplo sencillo puede ilustrar este punto. Supongamos que en el ejemplo tomado, las dimensiones del Sol quedan reducidas a las de una simple manzana. Para conservar las proporciones, y por lo que se refiere a la distancia que separa al Sol de la estrella más cercana, debemos colocar una manzana en Moscú y la otra en Nueva York. Es fácil darse cuenta de las escasas probabilidades que existen para que estas dos manzanas (cuerpos celestes) puedan reunirse. El famoso astrónomo contemporáneo inglés Jeans[14] dice que, de acuerdo a los cálculos, las probabilidades de que una estrella se transforme en un Sol rodeado de planetas hallase en la proporción de uno a cien mil. Observa también que es extraordinariamente difícil imaginarse una vida de orden elevado capaz de desarrollarse en cuerpos celestes totalmente distintos de nuestro planeta calentado por el Sol. Dicho autor concluye, por tanto, que desde el

punto de vista de espacio, tiempo y condiciones físicas, la existencia de la vida debe estar circunscrita a una insignificante parte del universo.

Así, las concepciones astronómicas modernas no ofrecen un apoyo a las ideas de una difusa distribución de los gérmenes vitales por todo el universo. Como es natural, esto no significa que la vida exista únicamente sobre la Tierra. Carecemos de base para negar completamente la posibilidad de la existencia de organismos en algún otro planeta que gire alrededor de un astro análogo a nuestro Sol. Pero no cabe duda que estos mundos, habitados por organismos vivos están mucho más alejados de nuestro sistema solar que lo están las estrellas más próximas. En consecuencia el transporte de gérmenes vivos desde un sistema planetario a otro exige no millares de años, como pensaba Arrhenius, sino incluso centenares de millares o incluso millones de años.

Esta enorme duración hace extraordinariamente difícil el traslado de organismos vivos. Además, las investigaciones de los últimos años sobre las radiaciones interestelares de onda corta alejan completamente tal posibilidad. Es bien conocida la acción letal de los rayos luminosos de breve longitud de onda, particularmente de los rayos ultravioletas, sobre los microorganismos y sus esporos. Basta una radiación muy breve para esterilizar completamente un medio dado y destruir todos los microorganismos y esporos. La luz de los astros es rica en rayos ultravioletas, pero la atmósfera de nuestra Tierra nos protege de sus efectos destructores. Los gérmenes vivos transportados más allá de los límites de esta atmósfera mueren indefectiblemente por la acción de las radiaciones ultravioletas que atraviesan los espacios interestelares.

Los partidarios de la teoría de la Panspermia intentan ponerse al abrigo de esta objeción, aduciendo que las reacciones fotoquímicas provocadas por los rayos ultravioletas sólo matan los microorganismos en presencia de oxígeno y de agua, por lo cual sus efectos nocivos no pueden producirse en el vacío de los espacios interestelares.

Este razonamiento no es muy convincente, pues las reacciones fotoquímicas pueden originarse con la ayuda de los elementos del agua contenidos en los compuestos orgánicos. Pero no hace falta acudir a estas discusiones desde que han sido descubiertos en las radiaciones cósmicas los rayos de onda brevísima. Estos rayos tienen una longitud de onda mucho más corta que los rayos ultravioleta o incluso que los rayos Roentgen (rayos X), y las alteraciones producidas por su acción no son simplemente químicas, sino que también dan lugar a cambios intra-atómicos. En los últimos años se han realizado numerosas investigaciones acerca de sus efectos en el espacio interestelar, investigaciones que han sido revisadas recientemente por J. Lewis en un trabajo muy interesante sobre *El origen de los elementos*. En este trabajo se refieren algunos hechos que demuestran que las sustancias no protegidas por una atmósfera (por ejemplo: los meteoritos) sufren hondas transformaciones bajo la influencia de las radiaciones interestelares. Al mismo tiempo tiene lugar un cierto número de alteraciones extraordinariamente profundas dentro de los átomos, que conducen a la formación de nuevos elementos. Por ejemplo, el hierro y el níquel se transforman en aluminio y silicio, que a su vez pueden transformarse, más tarde, en magnesio, sodio y helio.

Los gérmenes vivos que atraviesan los espacios interestelares no protegidos contra las radiaciones cósmicas, no sólo están destinados a perecer irremisiblemente, sino que también su estructura química interna sufrirá, en relativamente poco tiempo, radicales cambios bajo la influencia de la energía radiante. Debemos, pues, abandonar la idea de que los gérmenes vivos sean transportados hacia la Tierra desde los espacios cósmicos, y buscar las fuentes de la vida en los límites de nuestro planeta.

Capítulo 3
Origen primitivo de las substancias orgánicas más simples: los hidrocarburos y sus derivados

Contenido:

En lo fundamental, todos los animales, las plantas y los microbios están formados por las llamadas substancias orgánicas. La vida sin ellas es inconcebible. Por eso, la etapa inicial del origen de la vida debió de ser la formación de esas substancias, la producción del material básico que más tarde habría de servir para la formación de todos los seres vivos.

Lo que primero distingue a las substancias orgánicas de las demás substancias de la naturaleza inorgánica es que en su composición entra el carbono como elemento fundamental. Esto puede demostrarse fácilmente calentando hasta una temperatura elevada distintos materiales de origen animal o vegetal. Todos ellos arden cuando se los calienta en presencia del aire y se carbonizan cuando al calentarlos se impide el acceso del aire, mientras que los materiales de la naturaleza inorgánica —las piedras, el cristal, los metales— jamás llegan a carbonizarse, por mucho que los calentemos.

En las substancias orgánicas el carbono está combinado con otros elementos: con el hidrógeno y el oxígeno (estos dos elementos forman el agua), con el nitrógeno (presente en el aire en grandes cantidades), con el azufre, el fósforo, etc. Las diversas substancias orgánicas no son sino distintas combinaciones de esos elementos, pero en todas ellas figura siempre el carbono como elemento básico. Las substancias orgánicas más simples son los hidrocarburos o combinaciones de

carbono e hidrógeno. El petróleo natural y distintos productos obtenidos de él, como la gasolina, el queroseno, etc., son mezclas de diversos hidrocarburos. Partiendo de estas substancias, los químicos obtienen fácilmente por síntesis numerosos compuestos orgánicos, a veces muy complejos y en muchas ocasiones idénticos a los que podemos obtener directamente de los seres vivos, como son los azúcares, las grasas, los aceites esenciales, etc. ¿Cómo han podido formarse originalmente en nuestro planeta las substancias orgánicas? Cuando abordé por vez primera el estudio del problema del origen de la vida —hace de ello exactamente 30 años—, el origen primitivo de las substancias orgánicas me pareció un problema sumamente enigmático y hasta inaccesible al entendimiento y al estudio. Esta opinión era fruto de la observación directa de la naturaleza, pues veía que la inmensa mayoría de las substancias orgánicas del mundo de los seres vivos se forman actualmente en la Tierra a consecuencia de la actividad vital de los organismos. Las plantas verdes absorben del aire el carbono inorgánico en forma de anhídrido carbónico, y, aprovechando la energía de la luz solar, construyen a partir de él las substancias orgánicas que necesitan. Los animales, los hongos, las bacterias y los demás organismos que no tienen color verde obtienen las substancias orgánicas necesarias alimentándose de animales o vegetales vivos o descomponiéndolos una vez muertos. Vemos, pues, que todo el mundo actual de los seres vivos se mantiene gracias a los dos procesos análogos de fotosíntesis y quimiosíntesis que acabamos de describir. Más aún; incluso las substancias orgánicas que se encuentran en las entrañas de la corteza terrestre, como la turba, los yacimientos de hulla y de petróleo, etc., todas ellas han surgido, en lo fundamental, a consecuencia de la actividad de numerosos organismos que en tiempos poblaron nuestro planeta y que más tarde quedaron sepultados en el espesor de la corteza terrestre.

Por todo esto, muchos hombres de ciencia de fines del siglo pasado y de comienzos de éste consideraban que las substancias orgánicas no pueden originarse en la Tierra, en condiciones naturales, más que a través de un proceso biogenético, es

decir, solamente con el concurso de los organismos. Esta opinión, que dominaba en la ciencia hace 30 años, dificultó considerablemente la solución del problema del origen de la vida. Parecía que se había creado un círculo vicioso del que era imposible salir. Para estudiar el origen de la vida era preciso comprender cómo se formaban las substancias orgánicas, pero resultaba que éstas sólo podían ser sintetizadas por organismos vivos. Ahora bien, a esta conclusión sólo se puede llegar si nuestras observaciones no rebasan los límites de nuestro planeta. Si traspasamos esos límites, veremos que en varios cuerpos celestes de nuestro mundo estelar se están produciendo substancias orgánicas abiogenéticamente, es decir, en condiciones que excluyen toda posibilidad de que allí existan seres orgánicos.

El espectroscopio permite estudiar la composición química de las atmósferas estelares, y a veces casi con la misma exactitud que si tuviéramos muestras de ellas en nuestro laboratorio. El carbono se descubre ya en la atmósfera de las estrellas tipo O, que son las más calientes y se distinguen de los demás astros por su brillo extraordinario. Incluso en su superficie, esas estrellas tienen una temperatura que oscila entre los 20.000° y los 28.000°. Se comprende que en esas condiciones no puede existir todavía ninguna combinación química. La materia se encuentra aquí en forma relativamente simple, como átomos libres dispersos, como minúsculas partículas que constituyen la atmósfera incandescente de estas estrellas.

§. El Carbono en las Estrellas

Las distintas estrellas se encuentran en diversas fases de desarrollo. En cualquier estrella puede descubrirse la presencia de carbono, pero su estado no es el mismo en todas ellas.

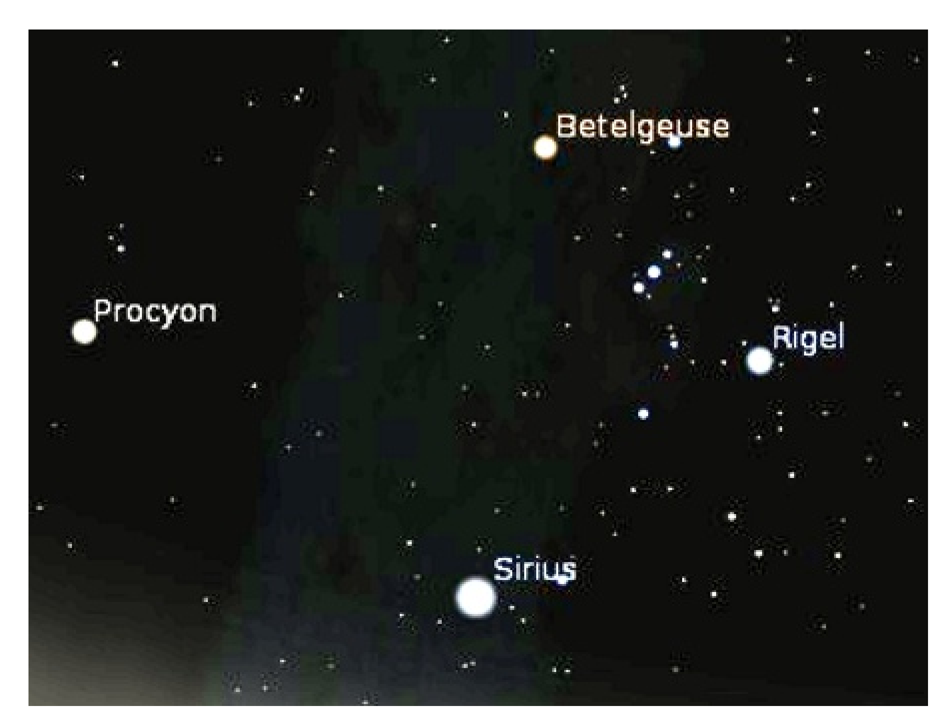


Figura 1. Las estrellas jóvenes, las más calientes y de un color blanco-azulado, tienen una temperatura que incluso en su superficie pasa de los 20.000°. Todos los elementos, comprendido el carbono, se encuentran en ellas en forma de átomos, de minúsculas partículas sueltas. En las estrellas blancas y blanco-amarillentas, cuya superficie tiene una temperatura de 10.000° a 12.000°, los átomos de carbono empiezan a combinarse con átomos de hidrógeno.

La atmósfera de las estrellas tipo B, que irradian una luz brillante blanco-azulada y cuya superficie tiene una temperatura de 15.000° a 20.000°, también contiene vapores incandescentes de carbono. Pero este elemento tampoco llega a constituir aquí cuerpos químicos compuestos, sino que existe en forma atómica, como minúsculas partículas sueltas de materia que se mueven rápidamente.

Únicamente el espectro de las estrellas blancas tipo A, en cuya superficie reina una temperatura de 12.000°, nos muestra por vez primera unas franjas tenues, que señalan la presencia de hidrocarburos —las combinaciones químicas— en la atmósfera de esas estrellas. Aquí, por vez primera, los átomos del carbono y el

hidrógeno se han combinado, y el resultado ha sido un cuerpo más complejo, una molécula química.

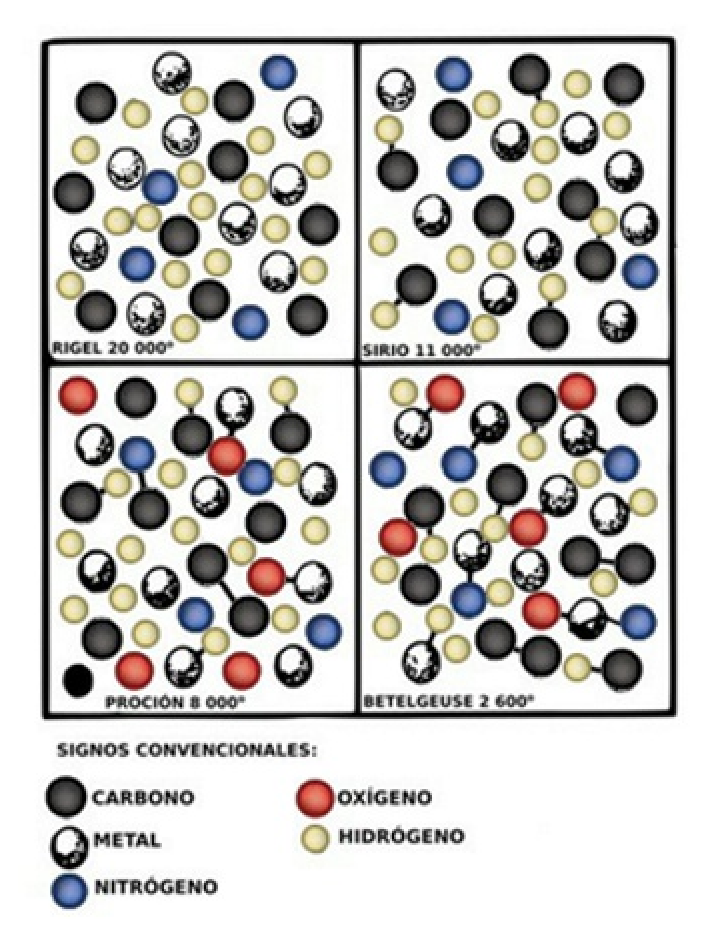


Figura 2. En las estrellas amarillas, cuya superficie tiene una temperatura de 6.000° a 8.000°, surgen también otras combinaciones de carbono. Aún son más variadas las combinaciones que se encuentran en las estrellas rojas, que se hallan en proceso de extinción y en cuya superficie reinan temperaturas de 2.000° a 4.000°.

En los espectros de las estrellas más frías, las franjas correspondientes a los hidrocarburos aparecen más netas a medida que desciende la temperatura y adquieren su máxima nitidez en las estrellas rojas, en cuya superficie la temperatura es de 4000°.

Nuestro Sol ocupa una situación intermedia en ese sistema estelar. Pertenece a las estrellas amarillas de tipo G. Se ha determinado que la temperatura de la atmósfera solar es de 5.800° a 6.300°. En las capas superiores desciende a 5.000°, y en las más profundas, accesibles aún a nuestra investigación, llega a elevarse hasta los 7.000°. Los análisis espectroscópicos han demostrado que parte del carbono se encuentra aquí combinado con el hidrógeno (CH = metino). Al mismo tiempo, en la atmósfera solar se puede descubrir una combinación del carbono con el nitrógeno (CN = cianógeno). Además, en la atmósfera solar se ha descubierto por primera vez el llamado dicarbono (C_2), que es una combinación de dos átomos de carbono entre sí.

§. El Carbono en el Sol

Nuestro Sol es una estrella amarilla, en cuya superficie reina una temperatura de 6.000°.

Vemos, pues, que en el proceso de la evolución del Sol, el carbono, elemento que nos interesa en este momento, ya ha pasado de una forma de existencia a otra. En la atmósfera de las estrellas más calientes, el carbono se encuentra en forma de átomos libres y dispersos. En el Sol, ya lo vemos, en parte, formando combinaciones químicas, constituyendo moléculas de hidrocarburos, de cianógeno y de dicarbono.

Para la solución del problema que estamos examinando, ofrece gran interés el estudio de la atmósfera de los grandes planetas de nuestro sistema solar. Las investigaciones han demostrado que la atmósfera de Júpiter está constituida en gran parte por amoniaco y metano. Hay motivos para suponer que también existen otros hidrocarburos.

Sin embargo, determinado por la baja temperatura que reina en la superficie de Júpiter (135° bajo cero), la masa fundamental de estos hidrocarburos se encuentra en estado líquido o sólido. Las mismas combinaciones se descubren en la atmósfera de todos los grandes planetas.

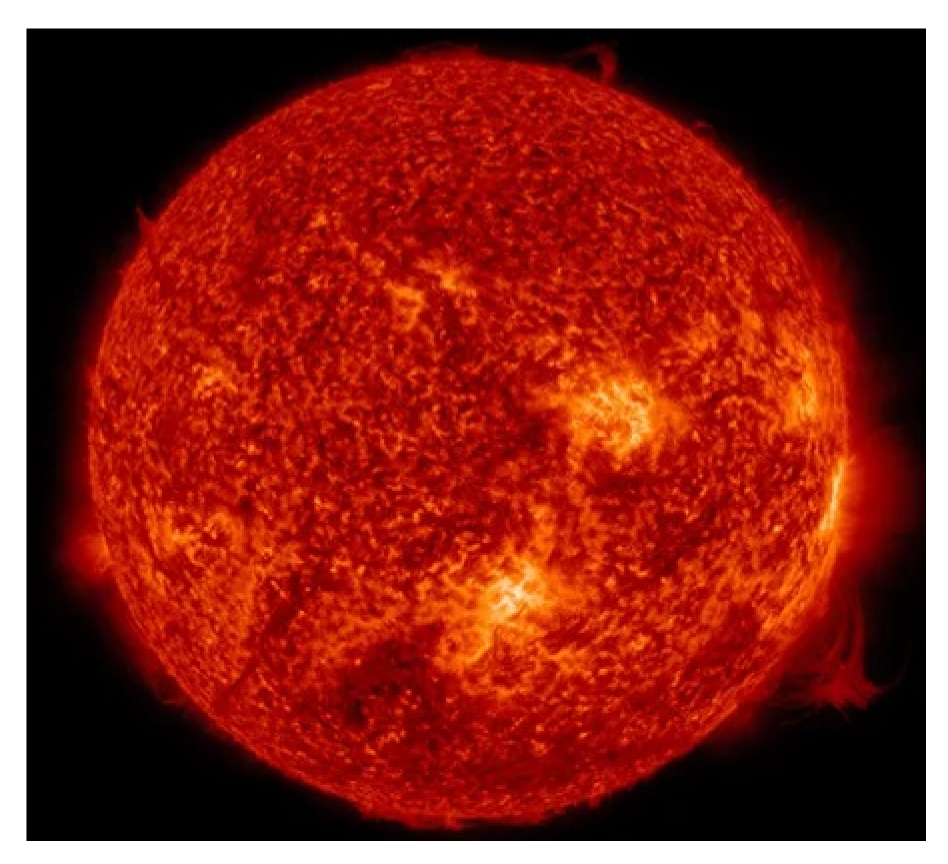


Figura 3. La superficie del Sol, con granillos y manchas. Imagen sustraída de internet para esta edición digital

Tiene una importancia excepcional el estudio de los meteoritos, esas «piedras celestes» que de cuando en cuando caen sobre la Tierra procedentes de los espacios interplanetarios. Son los únicos cuerpos extraterrestres que pueden ser sometidos directamente al análisis químico y a un estudio mineralógico.

Tanto por la naturaleza de los elementos que los integran como por el principio en que se basa su estructura, los meteoritos son idénticos a los materiales que se encuentran en las zonas más profundas de la corteza terrestre y en el núcleo central de nuestro planeta. Se comprende fácilmente la enorme importancia que tiene el estudio de la composición de los meteoritos para resolver el problema de las primitivas combinaciones que se originaron al formarse la Tierra.

Por lo general, se suele dividir a los meteoritos en dos grupos principales: meteoritos de hierro (metálicos) y meteoritos de roca. Los primeros están constituidos fundamentalmente por hierro (90%), níquel (8%) y cobalto (0,5%). Los meteoritos de roca contienen un porcentaje mucho menor de hierro (un 25% aproximadamente). En ellos se hallan en gran cantidad óxidos de diversos metales: magnesio, aluminio, calcio, sodio, manganeso y otros.

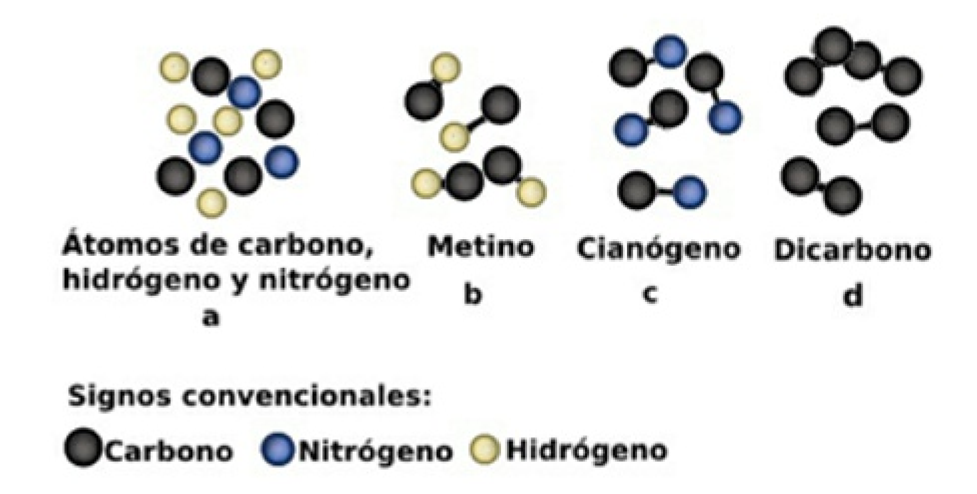


Figura 4. En la atmósfera incandescente del Sol, el carbono no sólo se halla en estado atómico libre, sino también formando diversas combinaciones: a) átomos sueltos de carbono, hidrógeno y nitrógeno; b) combinación de carbono e hidrógeno (metino); c) combinación de carbono y nitrógeno (cianógeno); y d) combinación de dos átomos de carbono (dicarbono).

En todos los meteoritos se encuentra carbono en distintas proporciones. Se le encuentra sobre todo en forma natural, como carbón, grafito o diamante en bruto. Pero la forma más característica para los meteoritos son las combinaciones de carbono con distintos metales, los llamados carburos. Precisamente en los meteoritos es donde se ha descubierto por primera vez la cogenita, mineral muy frecuente en ellos y que es un carburo de hierro, níquel y cobalto.

Entre las demás combinaciones del carbono que se encuentran en los meteoritos, merecen señalarse los hidrocarburos. En 1857, se logró obtener de un meteorito de

roca que había caído en Hungría, cerca de Kábi, cierta cantidad de una substancia orgánica parecida a la cera fósil u ozoquerita. El análisis de esta substancia demostró que se trataba de un hidrocarburo de elevado peso molecular. Cuerpos análogos, con moléculas integradas por muchos átomos de carbono e hidrógeno, y a veces de oxígeno y azufre, fueron obtenidos en otros muchos meteoritos de distintas clases.

En la época en que se descubrió por vez primera la presencia de hidrocarburos en los meteoritos, dominaba todavía la falsa idea de que las substancias orgánicas (y, por consiguiente, los hidrocarburos) sólo podían formarse en condiciones naturales con el concurso de organismos vivos. Por eso, muchos hombres de ciencias formularon entonces la hipótesis de que los hidrocarburos de los meteoritos no se formaron originalmente, sino que eran productos de la descomposición de organismos que vivieron en tiempos en esos cuerpos celestes. Sin embargo, investigaciones muy minuciosas realizadas posteriormente, echaron por tierra esas hipótesis, y hoy día sabemos que los hidrocarburos de los meteoritos, lo mismo que los de las atmósferas estelares, surgieron por vía inorgánica, es decir, sin ninguna relación con la vida.

Resulta, por tanto, sin ningún lugar a dudas, que las substancias orgánicas también pueden originarse independientemente de los organismos, antes de que surja esa forma compleja del movimiento de la materia. Y en efecto, vemos substancias orgánicas que se han formado en numerosos cuerpos celestes en unas condiciones en que ni hablar se puede de la presencia de cualquier género de vida. Ahora bien, si esto es así para los más diversos cuerpos celestes. ¿Por qué nuestra Tierra ha de ser en este aspecto una excepción? ¿No sería más acertado suponer que la vía biológica de la formación de substancias orgánicas es sólo distintiva de la época actual de nuestro planeta, que esa vía sólo se abrió después de haberse originado la vida sobre la base de un recambio de substancias muy perfecto, pero que también en la Tierra se sintetizaron las substancias orgánicas por vía abiogénica, mediante

la cual se formaron los hidrocarburos y sus derivados mucho antes de que aparecieran los distintos organismos?

§. Estructura del Globo Terráqueo

Basándose en los datos proporcionados por el estudio del peso específico de la Tierra, la fuerza de la gravedad y la propagación de las ondas originadas por los terremotos, todos los geoquímicos y geofísicos consideran demostrado que en el centro de nuestro planeta existe un núcleo metálico de 3470 kilómetros de radio, cuyo peso específico es aproximadamente 10. Este núcleo está cubierto por varias capas denominadas geosferas. Directamente pegada al núcleo se halla una geosfera intermedia.

Sobre ella se encuentra la capa rocosa, la litosfera, de 1200 kilómetros. En la superficie de la tierra, nos encontramos con la hidrosfera, o capa acuosa formada por los mares y los océanos, y, finalmente, la capa gaseosa o atmosférica. Todas estas geosferas envuelven al núcleo central de la Tierra formando una capa tan gruesa que no podemos llegar directamente a él.

No obstante, en la actualidad se ha logrado establecer con bastante exactitud la composición química del núcleo, y se ha visto que coincide plenamente con la composición de los meteoritos de hierro. La proporción mayor la constituye el hierro, con el que aparecen mezclados otros metales, como el níquel, el cobalto, el cromo, etc. El carbono se halla principalmente en forma de carburo de hierro.

Un ejemplo de esos minerales de las profundidades de nuestro planeta nos lo ofrecen las masas de hierro natural que se encuentran en los basaltos de las islas de la Groenlandia Occidental. Sobre todo en los basaltos de la isla de Disko, cerca del poblado de Ovifaq, se han hallado grandes cantidades de hierro natural que afloran a la superficie.

Por su composición química el «hierro de Ovifaq» se parece tanto a los meteoritos metálicos, que durante cierto tiempo se le consideró de origen meteorítico, pero

actualmente se ha demostrado su origen terrestre. En él se encuentra una cantidad bastante considerable de carbono como parte integrante de la cogenita.

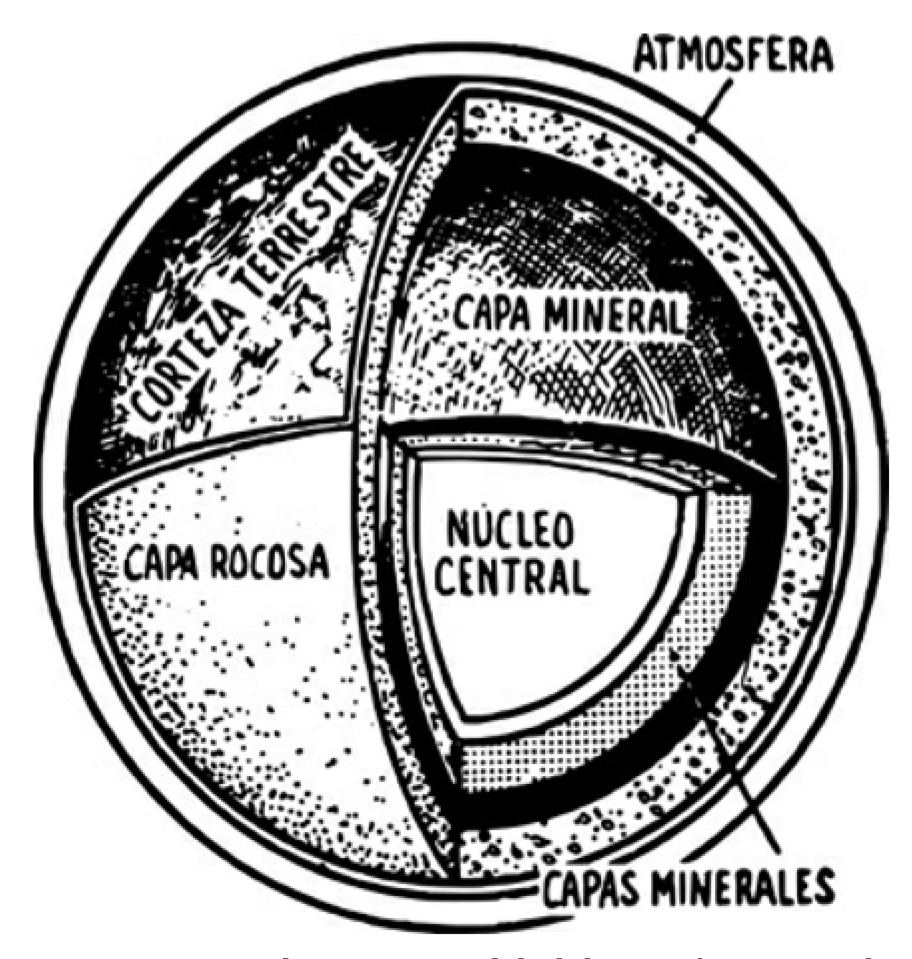


Figura 5. Corte que muestra la estructura del globo terráqueo. En el centro figura un núcleo de 3.470 kilómetros de radio. Rodeándolo se halla una capa mineral, recubierta por los diversos estratos de la capa rocosa. El estrato más exterior lo forma la corteza terrestre. La superficie de la Tierra está envuelta en una capa de aire, que es la atmósfera.

Las investigaciones geológicas realizadas en estos últimos tiempos han logrado establecer que esos hallazgos de cogenita en la superficie de la Tierra no constituyen nada excepcional, pues se la puede encontrar en otros muchos lugares. Eso demuestra que la cogenita se formó en grandes cantidades, sobre todo en épocas remotas de la vida de nuestro planeta.



Figura 6. Meteorito de hierro-níquel caído en Siberia en 1947. Imagen sustraída de internet para esta edición digital.

Ahora bien, al ser arrojados durante las erupciones o al fluir sobre la superficie de la Tierra en estado líquido, los carburos de hierro y de otros metales debieron entrar en reacción con el agua o el vapor de agua, tan abundante en la atmósfera primitiva de la Tierra. Como ha demostrado el gran químico ruso D. Mendeléiev, el resultado de esa reacción es la formación de hidrocarburos. Mendeléiev se esforzó incluso por hallar en este proceso una explicación al origen del petróleo.

Esta teoría fue refutada por los geólogos, que demostraron que la masa fundamental de petróleo es un producto de la descomposición orgánica, pero la propia reacción que da lugar a la formación de hidrocarburos, al combinarse los carburos con el agua, puede ser realizada, naturalmente, por cualquier químico. En la actualidad, por medio de investigaciones geológicas directas, se ha podido demostrar que, también ahora, en los lugares donde afloran las cogenitas, cierta cantidad de substancias orgánicas se origina por vía inorgánica en la superficie de la Tierra, en condiciones naturales, por reacción entre los carburos y el agua.

Por consiguiente, incluso en nuestros días, al lado del proceso ampliamente extendido de formación de substancias orgánicas por fotosíntesis, es decir, por vía biológica, también se produce en la Tierra cierto proceso de formación abiogénica de hidrocarburos a partir de los carburos y el agua.



Figura 7. El «hierro de Ovifaq», en las costas de la isla de Disko. Fotografía de las cuevas de basalto en la costa de Kuannit en Disko. Imagen sustraída de internet para esta edición digital.

No cabe duda de que tal formación de substancias orgánicas, independientemente de la vida, se produjo en el pasado, cuando la reacción entre los carburos y el agua tenía lugar en proporciones mucho mayores que en la actualidad. Por consiguiente, esta reacción pudo ser, ella sola, una fuente que dio origen a la formación primitiva en masa de substancias orgánicas, antes de que apareciesen en él los seres vivientes más sencillos.

Las notables investigaciones de los astrónomos y cosmólogos soviéticos (V. Ambartsumián, G. Shain, V. Fesénkov, O. Shmidt y otros), que nos están descubriendo el proceso de formación de las estrellas y de los sistemas planetarios,

proyectan nueva luz sobre el problema de la formación primitiva de las substancias orgánicas en la Tierra.

Observaciones realizadas con instrumentos muy potentes, construidos e instalados en el observatorio de Alma Ata, permitieron estudiar detalladamente la estructura y evolución de la materia interestelar, de la que antes se sabía muy poco. En nuestro Universo estelar en la Vía Láctea, no toda la materia se halla concentrada en las estrellas y en los planetas. La ciencia moderna nos ha mostrado que el espacio interestelar, no está vacío, sino que en él se encuentra una substancia que se halla en estado gaseoso y pulverulento. En muchos casos, esta materia gáseo-pulverulentainterestelar se concentra en formaciones relativamente densas, que constituyen nubes gigantescas. Esas nubes pueden percibirse a simple vista como manchas oscuras que se destacan sobre el fondo claro de la Vía Láctea. Ya en la antigüedad habían llamado la atención esas manchas, a las que se dio entonces el nombre de «sacos de carbón». En estos lugares de la Vía Láctea, las nubes de materia gáseo-pulverulenta fría nos ocultan la luz de las estrellas situadas detrás.

Al estudiar la composición de la materia gáseo-pulverulentainterestelar, se vio que en ciertos lugares tiene una estructura fibrilar. El académico V. Fesénkov descubrió que en esos filamentos o fibras de materia gáseo-pulverulenta es donde se forman las estrellas, que más tarde pasan por un determinado desarrollo.

Al principio, las estrellas jóvenes tienen unas proporciones gigantescas. En el proceso de su desarrollo se hacen más densas y aparecen rodeadas de una nube gáseo-pulverulenta, que no es sino el resto de la materia que les dio origen.

Pero lo que a nosotros nos interesa no es la formación de las estrellas, sino la formación de los planetas, y en particular, la de nuestro planeta, la Tierra. Aquí tiene especial interés para nosotros la hipótesis formulada recientemente por el académico O. Shmidt.

De acuerdo con esta hipótesis, la Tierra y los demás planetas de nuestro sistema solar no se habrían formado de masas gaseosas separadas del Sol (como se suponía hasta ahora), sino a consecuencia de que el Sol, en su movimiento en torno al

centro de nuestra Galaxia, se habría encontrado con una nube gigantesca de materia pulverulenta fría, arrastrándola a su órbita. En esta materia se habrían formado poco a poco varios centros aglomeraciones, en torno a los cuales se habrían ido condensando las partículas gáseo-pulverulentas hasta constituir planetas.

Aquí aparece un tanto complicada la cuestión de cómo pudo el Sol arrastrar a su órbita la materia pulverulenta al pasar por la nube gáseo-pulverulenta. Sin embargo, ahora, a la luz de los trabajos sobre la formación de las estrellas, cabe hacer esta pregunta: ¿Hay necesidad de esa hipótesis del arrastre? ¿No pudo haber ocurrido muy bien que el material que sirvió para formar los planetas de nuestro sistema solar fuese precisamente esa materia gáseo-pulverulenta que rodea a las estrellas jóvenes en proceso de formación, y que la edad de la Tierra fuese muy próxima a la edad del Sol? ¿Tal vez éste, lo mismo que las demás estrellas, estuviese rodeado al nacer por una gigantesca nube gáseo-pulverulenta, de la que salió el material que habría de dar origen a la Tierra y a los demás planetas de nuestro sistema solar?

Estas hipótesis, de profundo sentido lógico y sólidamente asentadas en datos proporcionados por la observación, nos ofrecen valiosísimos elementos de juicio para resolver el problema del origen primitivo de las substancias orgánicas al formarse nuestro planeta.

El estudio de la composición química de la materia gáseo-pulverulenta, realizado en estos últimos tiempos, demuestra la presencia en ella de hidrógeno, metano (y, tal vez, de hidrocarburos más complejos), amoniaco y agua, esta última en forma de minúsculos cristales de hielo. De este modo, en el origen mismo de nuestro planeta entraron en su composición, procedentes de la materia gáseo-pulverulenta, los hidrocarburos más sencillos, el agua y el amoniaco, es decir, todo lo necesario para formar las substancias orgánicas primitivas. Por eso, cualquiera que haya sido el proceso que dio origen a la Tierra, en el curso mismo de su formación forzosamente debieron haber surgido en su superficie las substancias orgánicas.

Según han probado las investigaciones de numerosos químicos y particularmente los trabajos del académico A. Favorski y de su escuela, los hidrocarburos tienen la

propiedad de hidratarse con relativa facilidad, es decir, de incorporar a su molécula una molécula de agua. No cabe la menor duda de que también los hidrocarburos que se formaron primitivamente en la superficie de la Tierra tuvieron que combinarse, en su masa fundamental, con el agua. Gracias a esto, en la atmósfera primitiva de la Tierra se formaron nuevas substancias mediante la oxidación de los hidrocarburos por el oxígeno del agua. Así fue como surgieron diversos alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos y otras substancias orgánicas muy sencillas, en cuyas moléculas aparecen combinados esos tres elementos; el carbono, el hidrógeno y el oxígeno. Este último se incorpora como elemento integrante de la molécula de agua. En muchos casos, a estos tres elementos viene a sumarse otro: el nitrógeno, que como amoniaco entro a ser un elemento constitutivo de la Tierra en formación.

A consecuencia de las reacciones de los hidrocarburos y sus derivados oxigenados más simples con el amoniaco, se formaron cuerpos cuyas moléculas contenían distintas combinaciones de átomos de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Así fue como aparecieron las numerosas sales amónicas, las amidas, las aminas, etc.

§. Formación de los Primeros Derivados del Carbono

Los carburos (combinaciones de carbono y un metal) del núcleo central, arrojados por las erupciones a la superficie de la Tierra, entraron en reacción con el vapor de agua, entonces elemento fundamental de la atmósfera terrestre y cuya temperatura era muy elevada, dando lugar a la formación de hidrocarburos (combinaciones de carbono e hidrógeno).

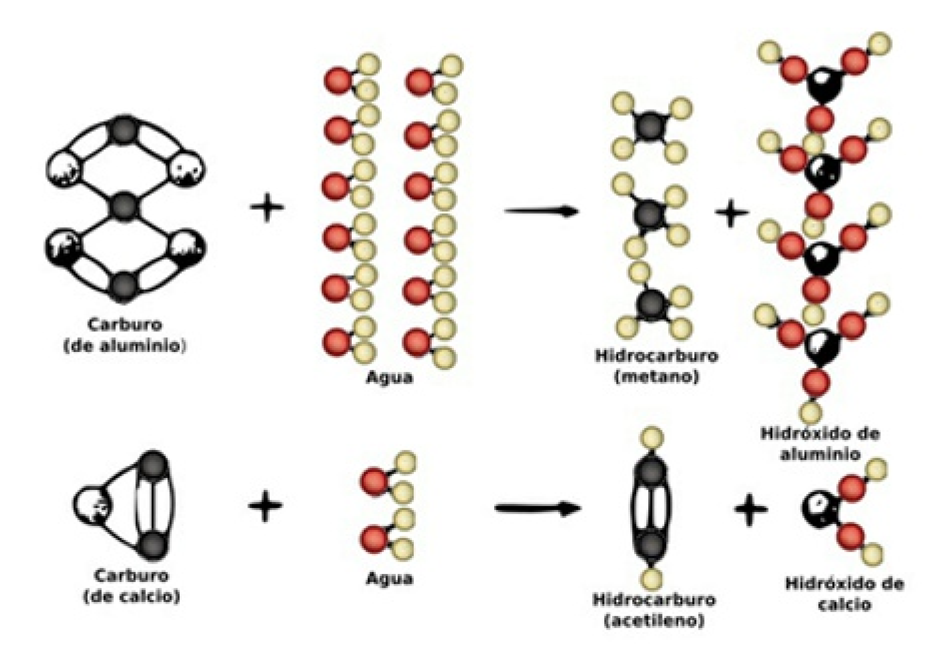


Figura 8. Formación de hidrocarburos al ponerse en contacto los carburos con el agua. El oxígeno de las moléculas de agua se combina con el metal y forma hidróxidos metálicos, mientras que el hidrógeno del agua se combina con el carbono y forma hidrocarburos.

Por consiguiente, en el mismo momento en que se formó en la superficie terrestre la hidrosfera, en las aguas del océano primitivo debieron constituirse las diferentes substancias que se originaron del carbono y a las que con todo fundamento podemos dar el nombre de substancias orgánicas primitivas, a pesar de que su aparición es muy anterior a la de los primeros seres vivientes.

Los hidrocarburos formados en la atmósfera terrestre se combinaron con las partículas de agua y amoniaco presente en ella, dando lugar a la formación de substancias más complejas.

Eran cuerpos más bien sencillos, de moléculas relativamente pequeñas, pero, pese a todo, constituían una forma cualitativamente nueva de existencia de la materia. Las propiedades de estos sencillos cuerpos orgánicos primitivos y su destino ulterior en

el proceso de la evolución quedaron determinados por nuevas leyes derivadas de su composición elemental y de la disposición de los átomos en sus moléculas.

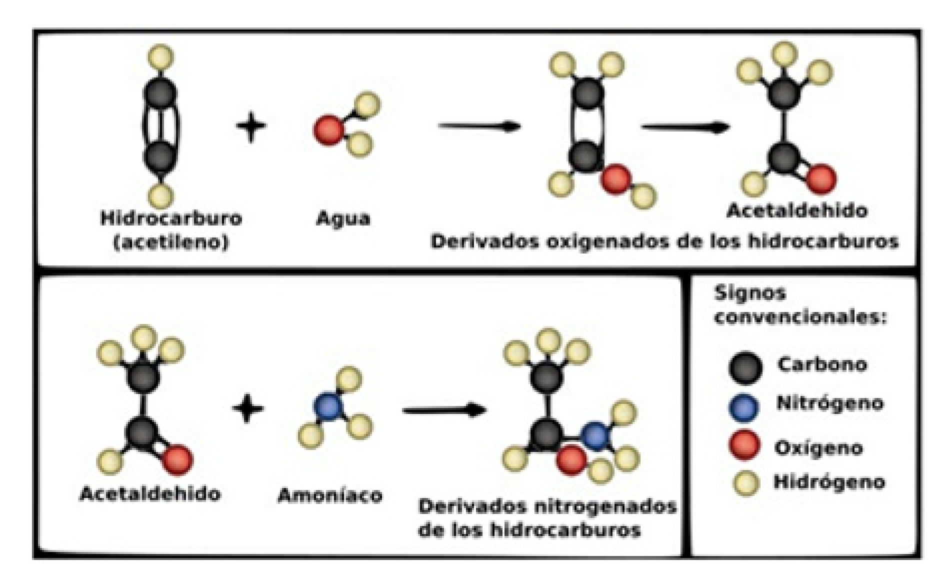


Figura 9. Esquema de la incorporación del nitrógeno: constitución de cuerpos químicos cuyas moléculas son formadas por partículas de carbono, hidrógeno y oxígeno.

Así pues, la idea expuesta por mí hace 30 años, de que las substancias orgánicas se habían formado en nuestro planeta antes de la aparición de los organismos, se confirma plenamente hoy día por las nuevas teorías cosmogónicas de los astrónomos soviéticos. Cuando se formó la Tierra, en su superficie —en su atmósfera húmeda y en las aguas del océano primitivo— se originaron ya los hidrocarburos y sus derivados oxigenados y nitrogenados. Y si antes esta etapa del desarrollo de la materia hacia el origen de la vida aparecía envuelta en un profundo enigma, en la actualidad el origen primitivo de las substancias orgánicas más simples no ofrece ninguna duda para la inmensa mayoría de los naturalistas.

Con esto hemos examinado la primera etapa, la más prolongada tal vez, de la evolución de la materia. Esta etapa marca el paso de los átomos dispersos de las ardientes atmósferas estelares a las substancias orgánicas más simples, disueltas en

la primitiva capa acuosa de la Tierra. La siguiente etapa de gran importancia en el camino hacia la aparición de la vida es la formación de las substancias proteínicas.

Capítulo 4
Origen de las proteínas primitivas

Contenido:

§. Origen de las substancias orgánicas complejas

§. Origen de las proteínas

A principios del siglo XIX existía la falsa idea de que las complejas substancias orgánicas que integran los animales y las plantas —los azúcares, las proteínas, las grasas, etc. —, sólo podían obtenerse de los seres vivos, pero que era completamente imposible crearlas por vía artificial. Se consideraba completamente imposible sintetizar esas substancias en el laboratorio, pues se creía que sólo podían originarse en los organismos vivos con el concurso de una fuerza especial, a la que se daba el nombre de «fuerza vital». Pero los numerosos trabajos realizados en los siglos XIX y XX por los investigadores dedicados a la química orgánica echaron por tierra ese prejuicio. Hoy día, utilizando los hidrocarburos y sus derivados más simples como material básico, podemos obtener por vía química substancias tan típicas de los organismos como son los diversos azúcares y grasas, numerosos pigmentos vegetales, como la alizarina y el índigo, substancias que dan color a las flores y a los frutos, o aquellas de las que depende su sabor y aroma, los diferentes terpenos, las substancias curtientes, los alcaloides, el caucho, etc. Últimamente se ha logrado sintetizar incluso cuerpos tan complejos y de tan extraordinaria actividad biológica como las vitaminas, los antibióticos y algunas hormonas. Vemos, pues, que la «fuerza vital» ha sido totalmente desalojada del campo científico, quedando plenamente demostrado que todas las substancias que entran a formar parte de los animales y de los vegetales pueden, en principio, ser obtenidas también fuera de los organismos vivos, independientemente de la vida.

Bien es verdad que en nuestro planeta no observamos la formación de substancias orgánicas en condiciones naturales más que en los organismos vivos, pero esto sólo

es propio del actual período de la evolución de la materia en la Tierra. Como hemos visto en el capítulo precedente, las substancias orgánicas más complejas —los hidrocarburos y sus derivados más inmediatos— se forman en los cuerpos celestes que nos rodean sin ninguna relación con la vida, en unas condiciones que excluyen por completo la posibilidad de que en ellos haya vida. También en nuestro planeta esas substancias se formaron originariamente a consecuencia de las reacciones que tuvieron lugar entre las substancias inorgánicas, mucho antes de que apareciese la vida.

Los hidrocarburos y sus derivados más simples encierran gigantescas posibilidades químicas. Ellos, precisamente, constituyen el material básico utilizado por los químicos modernos para obtener en sus laboratorios las diversas substancias orgánicas que se encuentran en los organismos vivos y de las que hemos hablado más arriba.

Merece señalarse el hecho de que los químicos utilizan para sus trabajos de síntesis reacciones distintas a las que observamos en los seres vivos. Pero hay que considerar que para obligar a las substancias orgánicas a reaccionar entre ellas con rapidez y en la forma necesaria, los químicos recurren con frecuencia a la acción de ácidos y álcalis fuertes, a elevadas temperaturas, a grandes presiones y a otros muchos recursos análogos. Los químicos disponen de una enorme variedad de procedimientos que les permiten efectuar las reacciones más diversas.

En los organismos vivos, en condiciones naturales, la síntesis de las distintas substancias orgánicas se realiza de un modo completamente distinto. Aquí no existen las substancias de fuerte acción ni las elevadas temperaturas del arsenal de los químicos. La reacción del medio es siempre aproximadamente neutra, y sin embargo, en los organismos vivos se produce gran número de cuerpos químicos de la naturaleza más diversa, en ocasiones sumamente complejos.

Esta misma variedad de substancias producidas por los organismos animales y vegetales era lo que hacía creer a los investigadores de otros tiempos que en la célula viva tenían lugar numerosísimas reacciones de los tipos más diversos. Sin

embargo, un estudio más detallado nos muestra que en realidad no es así. A pesar de la sorprendente cantidad de substancias que integran los organismos vivos, no cabe duda de que todas ellas se formaron mediante reacciones relativamente sencillas y bastante semejantes. Las transformaciones químicas experimentadas por las substancias orgánicas en la célula viva tienen por base tres tipos de reacciones de carácter fundamental. En primer lugar, la condensación, es decir, el alargamiento de la cadena de átomos de carbono, y el proceso inverso, la ruptura de los enlaces entre dos átomos de carbono. En segundo lugar, la polimerización o combinación de dos moléculas orgánicas mediante un puente de oxígeno o nitrógeno, y el proceso inverso o hidrólisis. Finalmente, la oxidación y, ligada a ella, la reducción (reacciones de óxido-reducción). Además, en la célula viva son muy frecuentes reacciones, mediante las cuales el ácido fosfórico, el nitrógeno amínico, el metilo y otros grupos químicos pasan de una molécula a otra.

Todos los procesos químicos que se efectúan en el organismo vivo, todas las transformaciones de las substancias, que conducen a la formación de cuerpos muy diversos, pueden, en última instancia, reducirse a estas reacciones sencillas o a una suma de ellas. El estudio del quimismo de la respiración, de la fermentación, de la asimilación, de la síntesis y de la desintegración de las diversas substancias demuestra que todos estos fenómenos se basan en largas cadenas de transformaciones químicas, cuyos distintos eslabones están representados por las reacciones que acabamos de enumerar. Todo consiste, únicamente, en el orden en que se suceden las reacciones de distinto tipo. Si la primera reacción es, pongamos por caso, de condensación, y a ella sigue un proceso de oxidación y, luego, otra condensación, resulta un cuerpo químico, un producto de la transformación; por el contrario, si a la condensación sigue una polimerización y a ésta una oxidación o una reducción, resultará otra substancia.

Vemos, pues, que la complejidad y la diversidad de las substancias que se forman en los organismos vivos dependen únicamente de la complejidad y de la diversidad con que se combinan las reacciones simples de los tipos que hemos expuesto más

arriba. Ahora bien, si examinamos atentamente estas reacciones, veremos que muchas de ellas tienen un rasgo característico común, una particularidad común, y es que se producen con la participación inmediata de los elementos del agua. Éstos se combinan con los átomos de carbono de la molécula de la substancia orgánica, o bien se desprenden, se separan de ella. Esta reacción entre los elementos del agua y los cuerpos orgánicos forma la base de todo el proceso vital. Gracias a ella tienen lugar las numerosas transformaciones de las substancias orgánicas que se producen hoy día en condiciones naturales, dentro de los organismos. Aquí, estas reacciones se efectúan con enorme rapidez y en un orden de sucesión muy riguroso, todo ello gracias a ciertas condiciones especiales, de las que hablaremos un poco más adelante. Ahora bien, independientemente de estas condiciones, fuera de los organismos vivos también se produce esta reacción entre el agua y las substancias orgánicas, si bien su curso es lento.

Los químicos conocían desde hace mucho tiempo numerosas síntesis producidas por esta reacción al guardar simplemente durante más o menos tiempo soluciones acuosas de diversas substancias orgánicas. En estos casos, las sencillas y pequeñas moléculas de los hidrocarburos y de sus derivados, constituidas por un número reducido de átomos, se combinan entre ellas por los más diversos procedimientos, formando así moléculas más grandes y de estructura más compleja. En 1861, nuestro eminente compatriota A. Bútlerov demostró ya que si se disuelve formalina (cuya molécula está formada por un átomo de carbono, un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno) en agua de cal y se guarda esta solución en un lugar templado, al cabo de cierto tiempo se observa que la solución adquiere sabor dulce. Posteriormente se comprobó que en esas condiciones seis moléculas de formalina se combinan entre ellas para formar una molécula de azúcar, más grande y de estructura más complicada.

El académico O. Baj, padre de la bioquímica soviética, conservaba durante mucho tiempo una mezcla de soluciones acuosas de formalina y de cianuro potásico,

observando después que de esta mezcla se podía separar una substancia nitrogenada de gran peso molecular y que daba algunas reacciones distintivas de las proteínas.
Se podrían citar centenares de ejemplos semejantes, pero lo dicho basta para dar una idea de esa capacidad tan manifiesta de las substancias orgánicas más sencillas de transformarse en cuerpos más complejos y de elevado peso molecular cuando se guardan simplemente sus soluciones acuosas.
Las condiciones existentes en las aguas del océano primitivo en el momento que nos ocupa no eran muy distintas a las condiciones que reproducimos en nuestros laboratorios. Por eso podemos suponer que en cualquier lugar de aquel océano, en cualquier laguna o charco en proceso de desecación, debieron formarse las mismas substancias orgánicas complejas que se produjeron en el matraz de Bútlerov, en la vasija de Baj y en otros experimentos análogos.
Claro está que en esa solución de substancias orgánicas muy simples, como eran las aguas del océano primitivo, las reacciones no se producían en determinada sucesión, no seguían ningún orden. Más bien tenían un carácter desordenado y caótico. Las substancias orgánicas podían sufrir a la vez diversas transformaciones químicas, seguir diversos caminos químicos, dando origen a múltiples y diversos productos. Pero desde el primer momento se pone de manifiesto determinada tendencia general a la síntesis de substancias cada vez más complejas y de peso molecular más y más elevado. De aquí que en las aguas tibias del océano primitivo de la Tierra surgieran substancias orgánicas de elevado peso molecular, semejantes a las que hayamos ahora en los animales y en los vegetales.
Al estudiar la formación de las distintas substancias orgánicas complejas en la capa acuosa de la Tierra, debemos prestar especial atención a la formación de las substancias proteínicas en esas condiciones. Las proteínas desempeñan un papel de extraordinaria importancia, un papel verdaderamente decisivo, en la formación de la «substancia viva». El protoplasma, substrato material de la constitución del cuerpo de los animales, de las plantas y de los microbios, siempre contiene una cantidad considerable de proteínas. Engels había indicado ya que «siempre que nos

encontramos con la vida, la vemos ligada a algún cuerpo albuminoideo [proteínico], y siempre que nos encontramos con algún cuerpo albuminoideo que no esté en descomposición, hallamos sin excepción fenómenos de vida[15]».

Estas palabras de Engels hallaron plena confirmación en los trabajos de los investigadores modernos. Se ha demostrado que las proteínas no son, como se creía antes, simples materiales pasivos de la estructura del protoplasma, sino que participan directa y activamente en el recambio de substancias y en otros fenómenos de la vida. Por consiguiente, el origen de las proteínas constituye un importante eslabón del proceso evolutivo seguido por la materia, de este proceso que ha dado origen a los seres vivos.

A fines del siglo pasado y comienzos de éste, cuando la química de las proteínas aún estaba poco desarrollada, algunos hombres de ciencia suponían que las proteínas encerraban un principio misterioso especial, unas agrupaciones atómicas específicas que eran las portadoras de la vida.

Desde estos puntos de vista, el origen primitivo de las proteínas parecía enigmático y hasta se consideraba poco probable que tal origen hubiese tenido lugar. Ahora bien, si examinamos este problema desde el punto de vista de las ideas actuales acerca de la naturaleza química de la molécula proteínica, todo él adquiere un aspecto completamente distinto.

Haciendo un breve resumen de los adelantos logrados últimamente por la química de las proteínas, debemos destacar ante todo la circunstancia de que en la actualidad conocemos bastante bien las distintas partes, los «ladrillos» pudiéramos decir, que integran las moléculas de cualquier proteína. Esos «ladrillos» son los aminoácidos, substancias bien conocidas por los químicos.

§. Origen de las Substancias Orgánicas Complejas

Al principio, las moléculas de las substancias orgánicas estaban formadas por un número reducido de átomos de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Pero en las aguas del océano primitivo estas moléculas se fueron combinando

poco a poco entre sí y formaron moléculas más grandes y más complejas de distintas substancias.

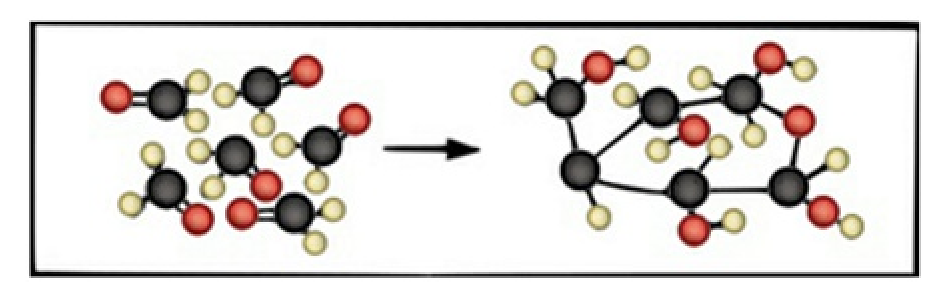


Figura 10. Formación de una molécula de azúcar cuando se guarda durante largo tiempo una solución acuosa de formalina, seis moléculas de este cuerpo se combinan entre sí para formar una molécula mayor.

****

Así fue como en las aguas del océano primitivo surgieron las diversas substancias (las substancias orgánicas) que hoy constituyen los animales y los vegetales.

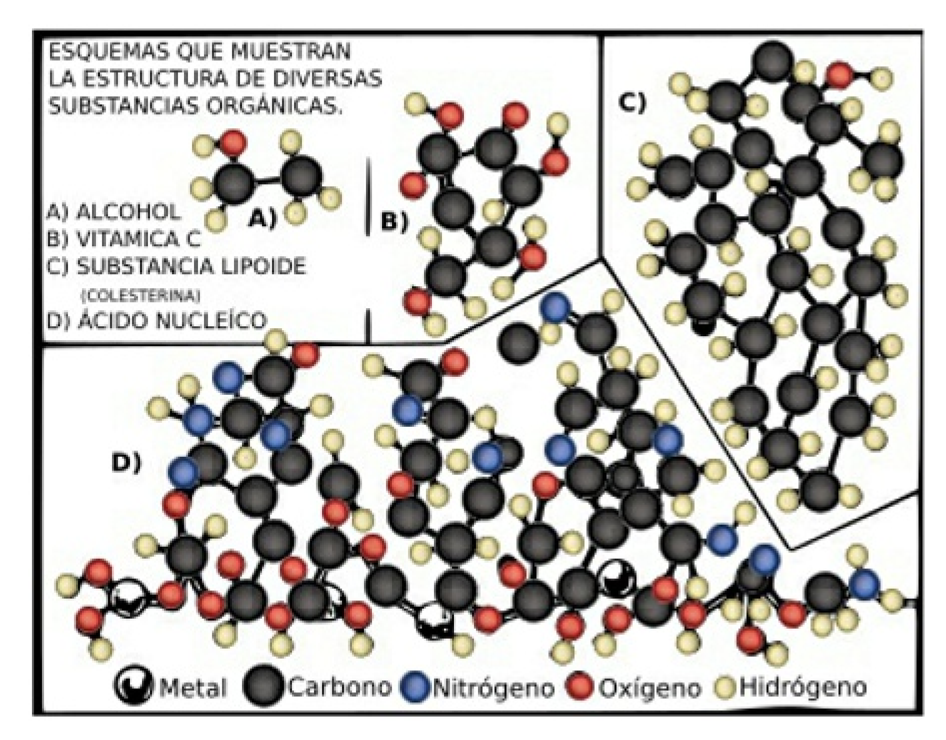


Figura 11. Esquema que muestra la estructura de diversas substancias orgánicas.

§. Origen de las Proteínas

Al combinarse entre sí, las moléculas de las substancias orgánicas llegaron a formar moléculas de proteínas, las substancias más complejas y las más importantes para la vida. Estas moléculas contienen muchas decenas de miles de átomos, que están unidos en riguroso orden, formando largas cadenas con numerosas ramificaciones laterales.



Figura 12. En la molécula proteínica estas cadenas se combinan en un orden determinado, formando complejos ovillos. En la imagen se muestra un pequeño sector de la cadena que constituye la base de una molécula proteínica. Imagen sustraída de internet y editada para esta edición digital.

En la molécula proteínica, los aminoácidos están unidos entre sí por enlaces químicos especiales, formando una larga cadena. El número de moléculas de aminoácidos que forman esta cadena varía, según las distintas proteínas, de algunos centenares a varios miles. De aquí que esa cadena suela ser muy larga. En la mayoría de los casos, la cadena aparece enrollada, formando un complicado ovillo, cuya estructura sigue, a pesar de todo, un determinado orden. Este ovillo es lo que, en realidad, constituye la molécula proteínica.

Tiene extraordinaria importancia el hecho de que cada substancia proteínica está formada por muy diversos aminoácidos. Podemos decir que la molécula proteínica la integran «ladrillos» de distintas clases. En la actualidad conocemos cerca de treinta aminoácidos distintos que entran en la constitución de las proteínas naturales. Algunas proteínas contienen en su molécula todos los aminoácidos conocidos; otras, en cambio, son menos ricas en aminoácidos. Las propiedades químicas y físicas de cualquiera de las proteínas conocidas dependen cardinalmente de los aminoácidos de que está compuesta.

Sin embargo, debemos tener presente que las moléculas de aminoácidos que forman la cadena proteínica no están unidas entre sí de cualquier modo, al azar, sino en un orden riguroso, propio y exclusivo de esa proteína. Por eso, las propiedades físicas y químicas de cualquier proteína, su capacidad de reaccionar químicamente con otras substancias, su solubilidad en el agua, etc., no sólo dependen del número y de la diversidad de los aminoácidos que componen su molécula, sino también del orden en que estos aminoácidos están ensartados uno tras otro en la cadena proteínica.

Tal estructura hace posible la existencia de una variedad infinita de proteínas. La albúmina del huevo, que todos conocemos, no es sino una proteína, y por añadidura, relativamente sencilla. Mucho más complejas son las proteínas de nuestra sangre, de los músculos o del cerebro. En cada ser vivo, en cada uno de sus órganos hay centenares, miles de proteínas diferentes, y cada especie animal o vegetal posee sus proteínas propias, exclusivas de esa especie. Así, por ejemplo, las proteínas de la sangre humana son algo distintas de las de la sangre de un caballo, de una vaca o de un conejo.

En esa extraordinaria variedad de proteínas reside precisamente la dificultad de obtenerlas por vía artificial en nuestros laboratorios. Hoy día ya podemos obtener fácilmente cualquier aminoácido a partir de los hidrocarburos y el amoniaco. Tampoco ofrece para nosotros grandes dificultades la unión de estos aminoácidos para formar largas cadenas, semejantes a las que constituyen la base de las

moléculas proteínicas, obteniendo así substancias realmente parecidas a las proteínas (substancias proteinoides). Pero esto no basta para reproducir artificialmente cualquiera de las proteínas naturales que nos son conocidas, como, pongamos por caso, la albúmina de nuestra sangre o la de la semilla del guisante. Para ello es preciso unir en una cadena centenares, miles de aminoácidos distintos, y además, en un orden muy determinado, precisamente en el orden en que se hallan en esa proteína concreta.

Si tomamos una cadena compuesta únicamente de cincuenta eslabones, con la particularidad de que estos eslabones son de veinte tipos diferentes, al combinarlos de distintas formas, podemos obtener una enorme variedad de cadenas. Se ha calculado que el número de esas cadenas, diferentes por la distinta disposición de sus eslabones, puede expresarse por la unidad seguida de cuarenta y ocho ceros, es decir, por una cifra que se puede obtener si multiplicamos un millón por un millón, el resultado otra vez por un millón, y así hasta siete veces. Si tomásemos ese número de moléculas de proteína y formásemos con ellas un cordón de un dedo de grueso, podríamos extenderlo a través de todo nuestro sistema estelar, de un extremo a otro de la Vía Láctea.

Ahora bien, la cadena de aminoácidos de una molécula proteínica de tamaño mediano no consta de cincuenta, sino de varios centenares de eslabones, y no contiene veinte tipos de aminoácidos, sino treinta. Por eso, el número de combinaciones posibles aumenta aquí en muchos cuatrillones de veces.

Para obtener artificialmente una proteína natural, hay que escoger de entre esas innumerables combinaciones la que nos dé precisamente una disposición de los aminoácidos en la cadena proteínica que coincida exactamente con la de la proteína natural que queremos obtener. Es evidente que si vamos ensartando al azar los aminoácidos para formar la cadena proteínica, jamás lograremos nuestro propósito. Es lo mismo que si agitando un montón de tipos de imprenta en el que hubiese veinticinco letras distintas, confiásemos en que en un momento dado llegarían a agruparse para formar una conocida poesía.

Únicamente podremos reproducir esa poesía si conocemos la disposición de las letras y de las palabras en ella. Del mismo modo, sólo conociendo la disposición exacta de los aminoácidos en la cadena proteínica en cuestión podremos confiar en la posibilidad de reproducirla artificialmente en nuestro laboratorio. Por desgracia, hasta ahora sólo se ha logrado determinar el orden de colocación de los aminoácidos en algunas de las substancias proteínicas más simples. Ésa es la razón de que aún no hayamos podido obtener artificialmente las complejas proteínas naturales. Pero sólo se trata de una cuestión de tiempo, pues en principio nadie duda ya de la posibilidad de obtener proteínas por vía artificial.

Sin embargo, lo que nos interesa no es reconocer en principio la posibilidad de sintetizar las proteínas o las substancias proteinoides. Para nosotros lo importante es tener una idea concreta de cómo han surgido por vía natural estas substancias orgánicas, las más complejas de todas, en las condiciones que en cierta época se dieron en la superficie de nuestro planeta. Aún no hace mucho era imposible dar a esta pregunta una respuesta con base experimental, pero en la primavera de 1953, en un experimento hecho con este fin, de una mezcla de metano, amoniaco, vapor de agua e hidrógeno fueron obtenidos varios aminoácidos en unas condiciones que reproducían muy aproximadamente las que existieran en la atmósfera de la Tierra en su juventud.

Mayores dificultades ofrece la unión de estos aminoácidos para formar moléculas de substancias proteinoides. Las dificultades están ligadas a que, en condiciones naturales, ante la síntesis de estas substancias se alza una gran barrera energética. Para lograr la unión de las moléculas de aminoácidos y formar polipéptidos se requiere un gran gasto de energía (unas 3.000 calorías). En las síntesis de laboratorio esta dificultad puede obviarse por procedimientos especiales, pero con la simple conservación de soluciones acuosas de aminoácidos esa reacción no se produce, a diferencia de lo que ocurre en el caso citado de la formalina y el azúcar. No obstante, en los últimos años se han logrado en este sentido resultados alentadores. Ante todo, se ha podido demostrar que cuando se seleccionan

acertadamente los aminoácidos, la energía necesaria para la síntesis puede reducirse considerablemente, y en algunos casos es posible recuperarla mediante determinadas reacciones concomitantes.

Para nosotros ofrecen especial interés los experimentos efectuados recientemente en Leningrado por el profesor S. Brésler. Teniendo en cuenta que el gasto de energía necesario para lograr la formación de polipéptidos a partir de una solución acuosa de aminoácidos puede ser compensado por el consumo de la energía liberada mediante la acción de la presión exterior, Brésler realizó la síntesis bajo presiones de varios miles de atmósferas. Operando en estas condiciones con aminoácidos y otros productos de la desintegración proteínica, logró sintetizar cuerpos proteinoides de elevado peso molecular, en los que distintos aminoácidos aparecían unidos entre sí, formando polipéptidos. Estos experimentos nos demuestran la plena posibilidad de sintetizar proteínas o substancias proteinoides con el concurso de las elevadas presiones que pueden darse fácilmente en condiciones naturales en la Tierra, como ocurre en las grandes profundidades de los océanos.

Por consiguiente, la química moderna de las proteínas nos lleva al convencimiento de que en una época remota de la Tierra, en su capa acuosa pudieron y debieron formarse substancias proteinoides. Naturalmente, estas «proteínas primitivas» no podían ser exactamente iguales a ninguna de las proteínas que existen en la actualidad, pero se asemejaban a las proteínas que conocemos. En sus moléculas, los aminoácidos estaban unidos por los mismos enlaces que en las proteínas actuales. La única diferencia consistía en que la disposición de los aminoácidos en las cadenas proteínicas era distinta, menos ordenada.

Pero estas «proteínas primitivas» ya tenían, a semejanza de las actuales, unas moléculas gigantescas y enormes posibilidades químicas. Fueron precisamente esas posibilidades las que determinaron el papel de excepcional importancia desempeñado por las proteínas en el desarrollo ulterior de la materia orgánica.

El átomo de carbono de la atmósfera estelar no era aún una substancia orgánica, pero su extraordinaria aptitud para combinarse con el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno llevaba implícita la posibilidad, en determinadas condiciones de existencia, de dar origen a la formación de substancias orgánicas. Lo mismo ocurrió con las proteínas primitivas, pues sus propiedades excepcionales encerraban posibilidades que habrían de conducir forzosamente, en determinadas condiciones del desarrollo de la materia, a la formación de seres vivos.

Así, pues, en el proceso del desarrollo de nuestro planeta, en las aguas de su océano primitivo debieron formarse numerosos cuerpos proteinoides y otras substancias orgánicas complejas, análogas a las que en la actualidad integran los seres vivos. Ahora bien, como es natural, se trataba únicamente de materiales de construcción. No eran, valga la expresión, más que ladrillos y cemento, con los que se podía construir el edificio, pero el edificio como tal no existía. Las substancias orgánicas se encontraban simplemente disueltas en las aguas del océano, con sus moléculas dispersas en ellas sin orden ni concierto. Faltaba aún la estructura, la organización que distingue a todos los seres vivos.

Capítulo 5
Origen de las primitivas formaciones coloidales

Contenido:

Como acabamos de ver en el capítulo precedente, en el proceso de evolución de la Tierra debieron formarse en las aguas del océano primitivo substancias orgánicas muy complejas y diversas, semejantes a las que constituyen los actuales organismos vivos. Pero entre estos últimos y la simple solución acuosa de substancias orgánicas hay, naturalmente, una gran diferencia.

La base de todo organismo vegetal o animal, la base de los cuerpos de los diversos hongos, bacterias, amibas y otros organismos muy simples es el protoplasma, el substrato material en el que se desarrollan los fenómenos vitales. En su aspecto exterior, el protoplasma es una masa viscosa semilíquida de color grisáceo, en cuya composición, además del agua, entran, principalmente, proteínas y otras varias substancias orgánicas y sales inorgánicas. Pero no se trata de una simple mezcla de estas substancias. El protoplasma posee una organización muy compleja. Esta organización se manifiesta, en primer lugar, en una determinada estructura, en cierta disposición espacial recíproca de las partículas que integran las substancias del protoplasma, y, en segundo lugar, en una determinada armonía, en cierto orden y en cierta regularidad de los procesos físicos y químicos que tienen lugar en él.

Por consiguiente, la materia viva está representada en la actualidad por organismos, por sistemas individuales que poseen determinada forma y una sutil estructura interior u organización. Nada semejante pudo existir, como es natural, en las aguas de ese océano primitivo cuya historia hemos examinado en el capítulo anterior. El estudio de diversas soluciones, entre ellas las de substancias orgánicas, muestran que en ellas las distintas partículas están distribuidas de un modo más o menos regular por todo el volumen del disolvente, hallándose en constante y desordenado

movimiento. Por consiguiente, la substancia que nos ocupa se halla aquí indisolublemente fundida con el medio que la rodea y, además, carece de una estructura precisa, basada en la disposición regular de unas partículas con respecto a otras. Ahora bien, nosotros no podemos concebir un organismo que no tenga una estructura precisa y esté íntegramente disuelto en el medio ambiente. Por eso, en el camino que va de las substancias orgánicas a los seres vivos debieron aparecer unas formas individuales, unos sistemas espacialmente delimitados con respecto al medio ambiente y con una determinada disposición interior de las partículas de la materia.

Las substancias orgánicas de bajo peso molecular, como, por ejemplo, los alcoholes o los azúcares, al ser disueltas en el agua se desmenuzan en grado muy considerable y se distribuyen uniformemente por toda la solución en forma de moléculas sueltas que permanecen más o menos independientes unas de otras. Por esa razón sus propiedades dependen, fundamentalmente, tan sólo de la estructura de las propias moléculas, de la disposición que adoptan en ellas los átomos de carbono, hidrógeno, oxígeno, etcétera.

Pero a medida que va aumentando el tamaño de las moléculas, a estas leyes sencillas de la química orgánica vienen a añadirse otras nuevas, más complicadas, cuyo estudio es objeto de la química de los coloides. Las soluciones más o menos diluidas de substancias de bajo peso molecular son sistemas perfectamente estables en los que el grado de fraccionamiento de la substancia y la uniformidad de su distribución en el espacio no se alteran por sí solos. Por el contrario, las partículas de los cuerpos de elevado peso molecular dan soluciones coloidales, que se distinguen por su relativa inestabilidad. Bajo la influencia de diversos factores, estas partículas tienen la tendencia a combinarse entre sí y a formar verdaderos enjambres, a los que se da el nombre de agregados o complejos. Ocurre con frecuencia que este proceso de unión de partículas es tan intenso que la substancia coloidal se separa de la solución formando un sedimento. Este proceso es lo que llamamos coagulación.

En otros casos no llega a formarse el sedimento, pero, a pesar de todo, se altera profundamente la distribución uniforme de las substancias en la solución. Las substancias orgánicas disueltas se concentran en determinados puntos, se forman unos coágulos, en los que las distintas moléculas o partículas se hallan ligadas entre sí de cierto modo, a consecuencia de lo cual surgen nuevas y complejas relaciones, determinadas no sólo por la disposición de los átomos en las moléculas, sino también por la disposición que adoptan unas moléculas con respecto a otras.

Tomemos dos soluciones de substancias orgánicas de elevado peso molecular, por ejemplo, una solución acuosa de gelatina y otra análoga de goma arábiga. Las dos son transparentes y homogéneas. En ellas la substancia orgánica se halla enteramente fundida con el medio ambiente. Las partículas de las substancias orgánicas que hemos tomado están uniformemente distribuidas en el disolvente. Mezclemos ahora las dos soluciones y veremos en seguida que la mezcla se enturbia. Si la examinamos al microscopio, observamos que en las soluciones antes homogéneas se han formado unas gotas, separadas del medio ambiente por una neta divisoria.

Podemos observar un fenómeno análogo si mezclamos soluciones de otras substancias de elevado peso molecular, sobre todo si mezclamos distintas proteínas. Resulta que en estos casos se produce, como si dijéramos, un amontonamiento de moléculas en determinados lugares de la mezcla. Por eso, a las gotas así formadas se les dio el nombre de coacervados (del latín *acervus*, montón). Estas interesantes formaciones han sido detalladamente estudiadas y se siguen estudiando en los laboratorios de Bungenberg de Jong y de Kruit, en el laboratorio de Bioquímica de las Plantas de la Universidad de Moscú, y en otros varios. Al someter a un análisis químico los coacervados y el líquido que los rodea, se puede observar que toda la substancia coloidal (por ejemplo, toda la gelatina y toda la goma arábiga del caso que acabamos de citar) se ha concentrado en los coacervados y que en el medio circundante casi no quedan moléculas de esta substancia. En torno no hay más que agua casi pura, pero dentro de los coacervados, las substancias mencionadas se

hallan tan concentradas, que más bien se puede hablar de una solución de agua en gelatina y goma arábiga que no a la inversa. A ello se debe la propiedad tan característica de los coacervados de que sus gotas, a pesar de ser líquidas y estar empapadas de agua, nunca se mezclan con la solución acuosa que las rodea.

Esta misma propiedad la tiene el protoplasma de los organismos vivos. Si rompemos una célula vegetal y exprimimos en agua su protoplasma, veremos que, a pesar de su consistencia líquida, no se mezcla con el agua circundante, sino que flota en ella formando bolitas bien delimitadas y separadas de la solución. Esta semejanza entre los coacervados artificiales y el protoplasma no es sólo externa. Según han demostrado trabajos realizados en estos últimos años, el protoplasma se encuentra, efectivamente, en estado coacervático. La estructura del protoplasma es, claro está, incomparablemente más complicada que la de los coacervados artificiales, pues, entre otras razones, en el protoplasma no se hallan presentes dos substancias coloidales, como en el ejemplo citado, sino muchas más. No obstante, varias propiedades físicas y químicas del protoplasma, como son su capacidad de formar vacuolas, su imbibición, permeabilidad, etc., sólo se pueden comprender si se estudian los coacervados.

§. Los Coacervados y su Desarrollo

En un principio, las substancias proteínicas se encontraban simplemente disueltas, pero, más tarde, sus partículas empezaron a agruparse entre sí, constituyendo verdaderos enjambres moleculares, y, finalmente, se separaron de la solución en forma de pequeñas gotas —los coacervados—, que flotaban en el agua.

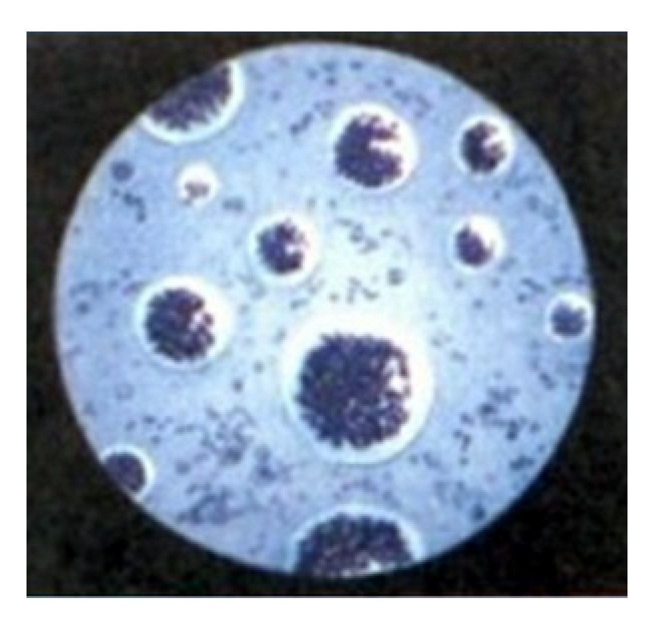


Figura 13. Microfotografía de coacervados obtenidos artificialmente. Imagen sustraída de internet para esta edición digital.

Los coacervados absorbían de la solución acuosa circundante diversas substancias orgánicas y, a costa de ellas, aumentaban de volumen y de peso, es decir, crecían. Ahora bien, no todos los coacervados crecían por igual, sino que uno lo hacían más rápidamente y otros más lentamente. La estructura interna de las gotas en rápido crecimiento cada vez era más compleja y estaba mejor adaptada a la alimentación y al crecimiento.

****

La estructura de los coacervados se fue modificando y perfeccionando en el transcurso de muchos millones de años.

Una particularidad interesante de los coacervados es que, a pesar de su consistencia líquida, tienen cierta estructura. Las moléculas y las partículas coloidales que las forman no se encuentran dispersas en ellos al azar, sino que están dispuestas entre sí en determinada forma espacial.

En algunos coacervados se puede observar incluso, cuando se los examina al microscopio, ciertas estructuras, pero éstas son muy inestables y sólo duran lo que las fuerzas que han determinado esa disposición de las partículas. Pequeñas variaciones en las fuerzas hidrófilas o electrostáticas que actúan en el interior del coacervado, pueden modificar la disposición de sus partículas. A veces, estas variaciones pueden dar incluso origen a que el coacervado se desintegre totalmente en moléculas sueltas, disolviéndose en el medio circundante.



Figura 14. Un coacervado complejo. Las gotas de estructura más sencilla perecían; las más perfectas crecían y se multiplicaban por división. En fin de cuentas, estas gotas dieron origen a los seres vivos más sencillos. Imagen sustraída de internet para esta edición digital.

Por el contrario, en otros casos el coacervado se hace más compacto, su viscosidad interna aumenta y puede llegar a adquirir un aspecto gelatinoso. En tales casos, la estructura se complica y se hace más estable. Estas alteraciones experimentadas por los coacervados pueden producirse a consecuencia de cambios operados en las condiciones exteriores o bajo la influencia de modificaciones químicas internas.

Vemos, pues, que los coacervados nos ofrecen cierta forma rudimentaria de organización de la materia, si bien es cierto que esta organización es aún muy primitiva y sumamente inestable. Pese a ello, dicha organización determina ya numerosas propiedades de los coacervados. En estos destaca sobre todo su capacidad de absorber distintas substancias que se encuentran en la solución. Se puede demostrar muy fácilmente esta propiedad si añadimos distintos colorantes al líquido que rodea a los coacervados, pues entonces vemos cómo la substancia colorante pasa rápidamente de la solución a la gota del coacervado.

A menudo este fenómeno se complica con una serie de transformaciones químicas que se producen dentro del coacervado. Las partículas absorbidas por el coacervado reaccionan químicamente, con las substancias del propio coacervado. A consecuencia de esto, las gotas del coacervado pueden aumentar de volumen, crecer a expensas de las substancias absorbidas por él del líquido circundante. En tales casos no sólo se produce un aumento de volumen y de peso de la gota; cambia también sensiblemente su composición química. Por consiguiente, vemos que en los coacervados se pueden producir determinados procesos químicos. Tiene mucha importancia el hecho de que el carácter y la rapidez de esos procesos dependen en grado considerable de la estructura fisicoquímica del coacervado en cuestión, y por eso pueden ser de diversa naturaleza en los distintos coacervados.

Después de haber visto las propiedades de los coacervados, volvamos de nuevo a los cuerpos proteinoides de elevado peso molecular que se formaron en la primitiva capa acuosa de la Tierra. Como ya hemos indicado antes, las moléculas de estos cuerpos, a semejanza de las moléculas de las proteínas actuales, tenían en su superficie numerosas cadenas laterales dotadas de distintas funciones químicas. En virtud de esto, y a medida que iban creciendo y haciéndose más complejas las «proteínas primitivas», debieron surgir inevitablemente nuevas relaciones entre las distintas moléculas. Ninguna molécula podía existir aislada de las demás, por lo que, lógicamente, fue inevitable que se formaran verdaderos enjambres o montones de moléculas, complejas agrupaciones de partículas, que no tenían una naturaleza

homogénea, sino que estaban integradas por moléculas proteínicas de distinto tamaño y de diferentes propiedades. De aquí hubo de surgir, como una necesidad inexorable, la concentración de la substancia orgánica en determinados puntos del espacio. Más tarde o más temprano, en éste o el otro rincón del océano primitivo, de la solución acuosa de diversas substancias proteínicas debieron separarse forzosamente gotas de coacervados. En efecto, como hemos visto más arriba, las condiciones para la formación de los coacervados son de una sencillez elemental. Éstos se producen cuando se mezclan simplemente las soluciones de dos o de varias substancias orgánicas de elevado peso molecular. Por consiguiente, en cuanto en la primitiva hidrosfera terrestre se formaron diversos cuerpos proteinoides de peso molecular más o menos elevado, inmediatamente debieron originarse los coacervados.

Para la formación de los coacervados ni siquiera pudo ser un obstáculo la concentración relativamente débil de las substancias orgánicas en el océano primitivo. Las aguas de los mares y océanos de hoy día contienen cantidades insignificantes de substancias orgánicas, que se originan por la desintegración de los organismos muertos. En su inmensa mayoría, estas substancias son absorbidas por los microorganismos que viven en el agua, para los cuales constituyen el alimento básico. Pero en ciertos casos, bastante raro, en las profundidades de los abismos del mar, las substancias orgánicas pueden no ser atacadas por los microbios y permanecer intactas durante un tiempo relativamente corto. Los datos proporcionados por el estudio de los fondos abisales fangosos, muestran que en esas condiciones las substancias orgánicas disueltas forman sedimentos gelatinosos. Este mismo fenómeno, cuando del agua que sólo contiene vestigios de substancias orgánicas de elevado peso molecular se separan coacervados complejos, puede observarse con frecuencia en condiciones creadas artificialmente, en las que la acción de los microorganismos queda excluida.

Así, pues, la mezcla de distintos coloides, y en primer término, la mezcla de cuerpos proteinoides primitivos en las aguas de la Tierra debió dar origen a la

formación de coacervados, etapa sumamente importante en la evolución de la substancia orgánica primitiva y en el proceso que dio origen a la vida. Hasta ese momento, la substancia orgánica había estado indisolublemente fundida con el medio circundante, distribuida de un modo uniforme por toda la masa del disolvente. Al formarse los coacervados, las moléculas de la substancia orgánica se concentraron en determinados puntos del espacio y se separaron del medio circundante por una divisoria más o menos neta. Cada coacervado adquirió cierta individualidad, oponiéndose, podríamos decir, al mundo exterior circundante. Únicamente esa separación de los coacervados pudo crear la unidad dialéctica entre el organismo y el medio, factor decisivo en el progreso del origen y desarrollo de la vida en la Tierra. Al mismo tiempo, con la formación de los coacervados la materia orgánica adquirió cierta estructura. Antes, en las soluciones, no había más que una aglomeración de partículas que se movían desordenadamente; en cambio, en los coacervados, estas partículas están dispuestas, unas con respecto a otras, en determinado orden. Por consiguiente, aquí aparecen ya rudimentos de cierta organización, bien es verdad que muy elemental. El resultado de esto fue que a las simples relaciones órgano-químicas vinieron a añadirse las nuevas leyes de la química coloidal. Estas leyes rigen también para el protoplasma vivo de los organismos actuales. Por eso, podemos establecer cierta analogía entre las propiedades fisicoquímicas del protoplasma y nuestros coacervados.

Ahora bien ¿podemos afirmar, basándonos en esto, que los coacervados sean seres vivos? Naturalmente que no. Y el problema no reside únicamente en la complejidad de la composición del protoplasma y en lo sutil de su estructura. En los coacervados obtenidos artificialmente por nosotros o en aquellas gotas que surgieron por vía natural, al separarse de la solución de substancias orgánicas en el océano primitivo de la Tierra, no había esa «armonía» estructural, esa adaptación de la organización interna al desempeño de determinadas funciones vitales en condiciones concretas de existencia, tan característica del protoplasma de todos los seres vivos sin excepción. Esta adaptación a las condiciones del medio ambiente no

podía ser el resultado de simples leyes físicas o químicas. Tampoco bastan para explicarla las leyes de la química coloidal. Por eso, al originarse los seres vivos primitivos, debieron aparecer, en el proceso evolutivo de la materia, nuevas leyes, que tenían ya un carácter biológico.

Capítulo 6
Organización del protoplasma vivo

Para poder seguir en adelante el curso de la evolución y el proceso del origen de la vida, necesitamos conocer, aunque sea a grandes rasgos, los principios fundamentales de la organización del protoplasma, ese substrato material que constituye la base de los seres vivos.

A fines del siglo pasado y comienzos del presente, algunos hombres de ciencia consideraban que los organismos no eran sino unas «máquinas vivientes» de tipo especial, con una estructura sumamente compleja. Según ellos, el protoplasma tenía una estructura parecida a la de una máquina y estaba construido con arreglo a un determinado plan y formado por «vigas» y «tirantes», rígidos e inmutables, entrelazados unos con otros. Esta estructura, este orden riguroso en la disposición recíproca de las diversas partes del protoplasma, era precisamente lo que, según el punto de vista en cuestión, constituía la causa específica de la vida, del mismo modo que la causa del trabajo peculiar de una máquina reside en su estructura, en la forma en que están dispuestas las ruedas, los ejes, los pistones y las demás partes del mecanismo. De aquí la conclusión de que sí lográsemos estudiar en todos sus detalles y comprender esta estructura, habríamos descifrado el enigma de la vida.

Sin embargo, el estudio concreto del protoplasma no ha confirmado ese principio mecanicista. Se vio que en el protoplasma no hay ninguna estructura que recuerde a una máquina, ni siquiera a las de máxima precisión. La masa fundamental del protoplasma es líquida; es un coacervado complejo, integrado por gran número de substancias orgánicas de elevado peso molecular, entre las que figuran, en primer término, las proteínas y los lipoides. En esa substancia coacervática fundamental flotan libremente partículas filamentosas coloidales, tal vez gigantescas moléculas proteínicas sueltas, y más probablemente, verdaderos conglomerados de esas moléculas. Las partículas son todavía tan pequeñas que no se las puede ver ni siquiera con ayuda de los microscopios modernos más perfectos. Pero al mismo

tiempo, en el protoplasma existen elementos visibles. Al unirse entre sí para formar grandes enjambres o montones, las moléculas proteínicas y de otras substancias pueden destacarse de la masa protoplasmática en forma de gotas pequeñas, pero visibles ya al microscopio, o constituyendo una especie de coágulos, con una estructura determinada, a los que se da el nombre de elementos morfológicos: el núcleo, las plastídulas, las mitocondrias, etcétera.

Estos elementos protoplasmáticos, visibles al microscopio, son, en esencia, la expresión exterior, una manifestación aparente de determinadas relaciones de solubilidad, extraordinariamente complejas, de las substancias del protoplasma. Como veremos más adelante, esta estructura sumamente lábil del protoplasma desempeña, sin duda alguna, un importante papel en el curso del proceso vital, pero este papel no puede compararse en modo alguno con el que desempeña la estructura de una máquina en el trabajo específico de la misma. Y se comprende muy bien, pues la máquina y el protoplasma son, en principio, dos sistemas profundamente distintos.

Lo que distingue al trabajo de una máquina es el desplazamiento mecánico de sus distintas partes en el espacio. Por eso, el elemento esencial de la organización de una máquina es, precisamente, la disposición de sus piezas. El proceso vital tiene un carácter completamente distinto. Su principal manifestación es el recambio de substancias, es decir, la interacción química de las distintas partes que integran el protoplasma. Por eso, el elemento más esencial de la organización del protoplasma no es la disposición de sus partes en el espacio (como ocurre en la máquina), sino un determinado orden de los procesos químicos en el tiempo, su combinación armónica tendiente a conservar el sistema vital en su conjunto.

El error de los mecanicistas consiste precisamente en no ver esta diferencia. En su afán de atribuir a los seres vivos la misma forma de movimiento de la materia que distingue a las máquinas, ponen un signo de igualdad entre la organización del protoplasma y su estructura, es decir, reducen esa organización a una simple disposición espacial de sus diferentes partes. Se trata, naturalmente, de una

interpretación unilateral, pues toda organización no sólo debemos concebirla en el espacio, sino también en el tiempo. Así, por ejemplo, cuando decimos que en una asamblea hay «organización», no es sólo porque los asistentes a ella se han distribuido por la sala en determinada forma sino también porque la asamblea se atiene a un reglamento y porque las intervenciones de los oradores se suceden en determinado orden.

Según sea el carácter del sistema de que se trate, así destaca en primer plano su organización en el espacio o su organización en el tiempo. Lo que decide en una máquina es la organización espacial. Pero también conocemos numerosos sistemas en los que destaca en primer plano la organización en el tiempo. Como modelo de tales sistemas puede servirnos cualquier obra musical, por ejemplo, una sinfonía. Lo que determina cualquier sinfonía es la combinación, en un orden riguroso en el tiempo, de las decenas o centenares de miles de sonidos que la componen. Basta con alterar esta combinación armónica, este determinado orden de los sonidos, para que desparezca la sinfonía como tal y quede una desarmonía, un caos.

Para la organización del protoplasma tiene una importancia esencial la existencia de una determinada y sutil estructura interna. Pero, a pesar de todo, lo decisivo en este caso es la organización en el tiempo, cierta armonía de los procesos que se operan en el protoplasma. Cualquier organismo, sea un animal, una planta o un microbio, vive únicamente mientras pasan a través de él, en torrente continuo, nuevas y nuevas partículas de substancia, con la energía a ella ligada. Procedentes del medio ambiente pasan al organismo diversos cuerpos químicos. Una vez dentro, son sometidos a profundas modificaciones y transformaciones, a consecuencia de las cuales se convierten en substancia del propio organismo, se tornan iguales a los cuerpos químicos que con anterioridad integraban al ser vivo. A este proceso se le da el nombre de asimilación. Pero a la par con la asimilación se produce el proceso inverso, la desasimilación. Las substancias del organismo vivo no permanecen inmutables, sino que se desintegran con mayor o menor rapidez, siendo

reemplazadas por los cuerpos asimilados. Los productos de la desintegración son expulsados al medio circundante.

Como vemos, la substancia del organismo vivo nunca permanece inmóvil, sino que se desintegra y vuelve a formarse constantemente a consecuencia de las numerosas reacciones de desintegración y síntesis, que se producen en estrecho entrelazamiento. Heráclito, dialéctico de la antigua Grecia, ya decía: nuestros cuerpos fluyen como un arroyo, e igual que el agua de éste, la materia se renueva en ellos. La corriente o el chorro de agua pueden mantener su forma, su aspecto exterior durante cierto tiempo, pero esta forma no es sino una manifestación externa de ese proceso continuo que es el movimiento de las partículas del agua. La existencia misma de este sistema que acabamos de describir depende de que por el chorro de agua pasen constantemente, con determinada velocidad, nuevas y nuevas moléculas de materia. Sí hacemos que se detenga el proceso, el chorro desaparece como tal. Y esto ocurre en todos los sistemas llamados dinámicos, basados en un determinado proceso.

Todo ser vivo es también un sistema dinámico. Lo mismo que en el chorro de agua, su forma y su estructura no son sino la expresión exterior y aparente de un equilibrio, extraordinariamente lábil, establecido entre los procesos que en sucesión continua se operan en ese ser vivo durante toda su vida. Sin embargo, el carácter de estos procesos difiere esencialmente de todo cuanto ocurre en los sistemas dinámicos de la naturaleza inorgánica. Las moléculas de agua llegan al chorro ya como tales moléculas de agua, y pasan por él sin experimentar ninguna modificación. El organismo, que toma del medio ambiente substancias ajenas a él y de naturaleza «extraña» a la suya, mediante complicados procesos químicos las convierte en substancia de su propio cuerpo, en substancias idénticas a los materiales que forman su cuerpo. Esto, precisamente, es lo que crea las condiciones que permiten mantener constante la composición y la estructura del organismo, pese a la existencia de un proceso ininterrumpido de desintegración, de desasimilación.

Desde un punto de vista puramente químico, el recambio de substancia o metabolismo es un conjunto de innumerables reacciones, relativamente sencillas, de oxidación, reducción, hidrólisis, condensación, etc. Lo que distingue en forma específica el protoplasma es que en él estas distintas reacciones están organizadas en el tiempo de determinado modo, combinándose para formar un sistema único e integral. Estas reacciones no se producen al azar, caóticamente, sino en sucesión rigurosa, en determinado orden armónico.

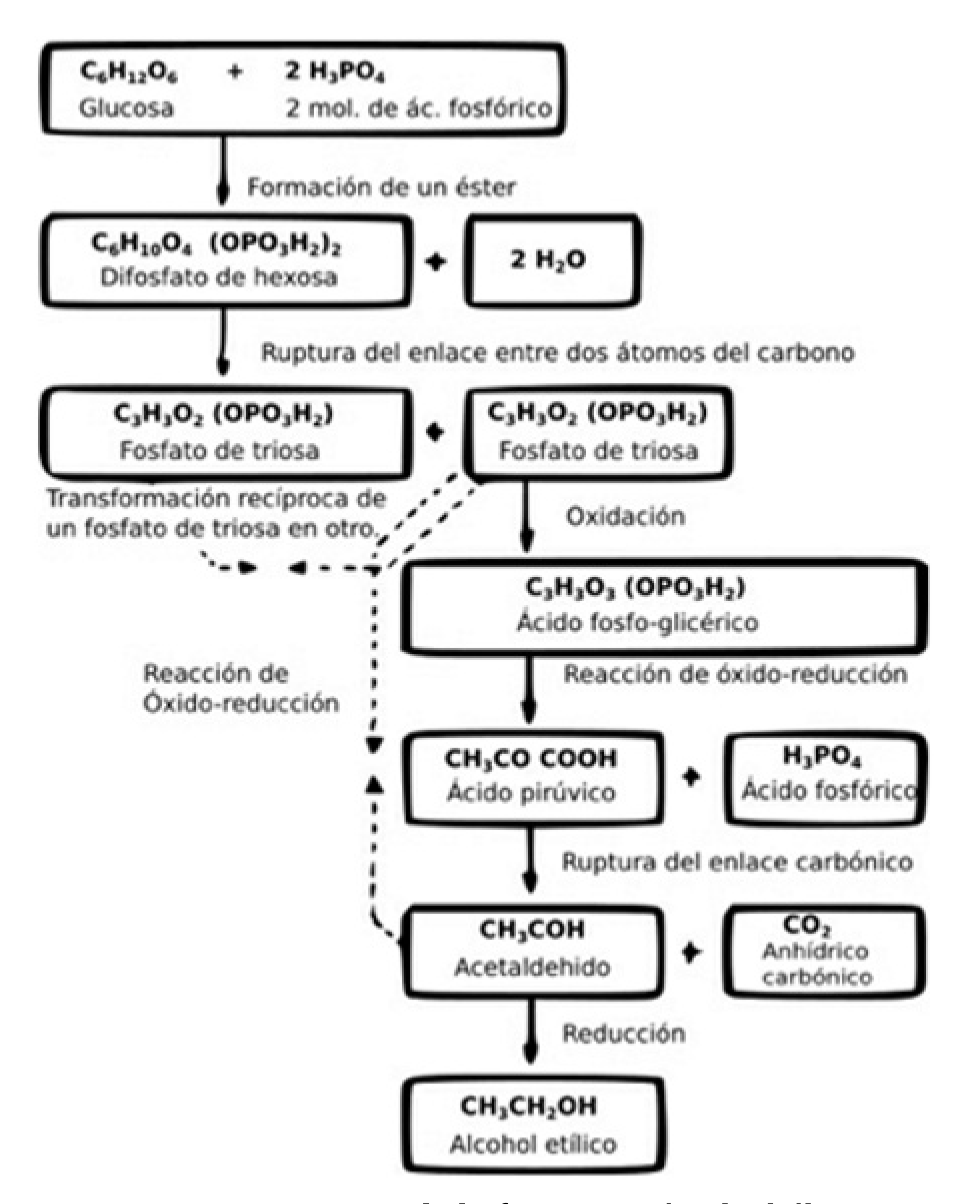


Figura 15. Esquema de la fermentación alcohólica.

Este orden forma la base de todos los fenómenos vitales conocidos. Así, por ejemplo, en la fermentación alcohólica, el azúcar que, procedente del líquido fermentable, penetra en la célula de la levadura, experimenta en ella una serie de transformaciones químicas, cuyo esquema podemos ver en la siguiente lámina. Primero se le incorpora el ácido fosfórico y luego se divide en dos mitades. Una de ellas sufre un proceso de reducción, mientras que la otra se oxida y se convierte, finalmente, en ácido pirúvico, que después se descompone en anhídrido carbónico y acetaldehído. Este último se reduce, convirtiéndose en alcohol etílico. Vemos, pues, que, en fin de cuentas, el azúcar se ha convertido en alcohol y anhídrido carbónico.

Lo que determina en la célula de la levadura la producción de estas substancias es que en ella se observa con extraordinario rigor la sucesión ordenada de todas las reacciones indicadas en el esquema. Sí sustituyésemos en esta cadena de transformaciones aunque sólo fuese un eslabón, o si alteráramos en lo más mínimo el orden de sucesión de las transformaciones indicadas, ya no obtendríamos alcohol etílico, sino otra substancia totalmente distinta. En efecto, en las bacterias de la fermentación láctica el azúcar experimenta al principio las mismas modificaciones que en la levadura. Pero una vez formado el ácido pirúvico, éste no se descompone, sino que se reduce inmediatamente. Ésta es la razón de que en las bacterias de la fermentación láctica el azúcar no se convierta en alcohol etílico, sino en ácido láctico (esquema ilustrado en la figura 16).

El estudio detallado de la síntesis de diversas substancias en el protoplasma demuestra que estas substancias no se originan de golpe, en virtud de un acto químico especial, sino que son el resultado de una larga cadena de transformaciones químicas. Para que se forme un cuerpo químico complejo, característico de un determinado ser vivo, se requiere que muchas decenas, centenares e incluso miles de reacciones se sucedan en un orden «regular», rigurosamente establecido, base de la existencia del protoplasma.

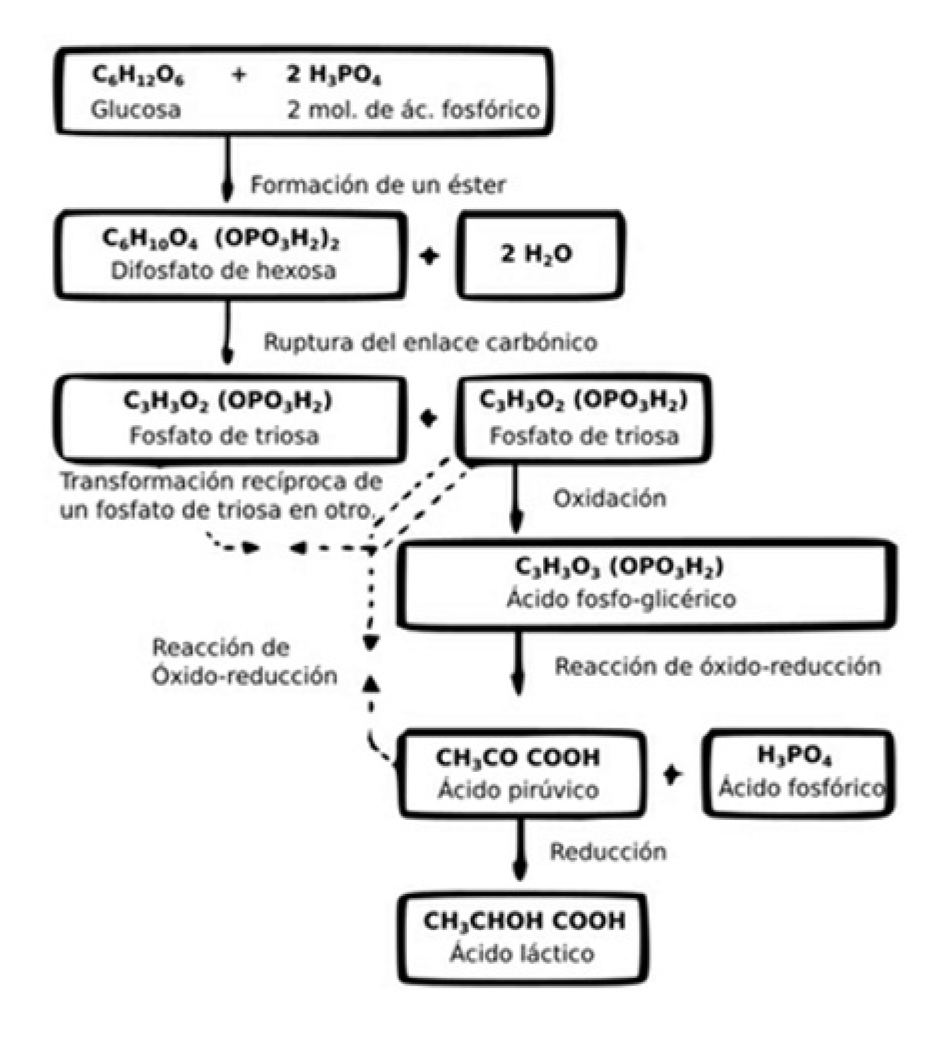


Figura 16. Esquema de la fermentación láctica.

Cuanto más compleja es la substancia, mayor es el número de reacciones que toman parte en su formación dentro del protoplasma y con tanto mayor rigor y exactitud deben conjugarse estas reacciones entre sí. Según han demostrado investigaciones recientes, en la síntesis de las proteínas a partir de los aminoácidos intervienen muchas reacciones, que se producen en ordenada sucesión. Únicamente gracias a la rigurosa armonía, a la ordenada sucesión de estas reacciones, en el protoplasma vivo se da ese ritmo estructural, esa regularidad en la sucesión de los aminoácidos, que observamos en las proteínas actuales.

Las moléculas proteínicas, así originadas y poseedoras de determinada estructura, se agrupan entre sí, obedeciendo a ciertas leyes para formar enjambres moleculares

más o menos grandes o verdaderos agregados moleculares que terminan por separarse de la masa protoplasmática y se destacan como elementos morfológicos, visibles al microscopio, como formas protoplasmáticas dotadas de gran movilidad. Por consiguiente, tanto la comprensión química propia del protoplasma, como su estructura, son, hasta cierto punto, la expresión del orden en que se verifican los procesos químicos que constantemente se están produciendo en la materia viva.

Ahora bien. ¿De qué depende ese orden, propio de la organización del protoplasma? ¿Cuáles son sus causas inmediatas? El estudio detallado de este problema nos muestra que el orden indicado no es algo externo, independiente de la materia viva (como creían los idealistas). Por el contrario hoy día sabemos muy bien que la velocidad, la dirección y la concatenación de las distintas reacciones —todo eso que constituye el orden que estamos examinando—, dependen por entero de las relaciones físicas y químicas que se establecen en el protoplasma vivo.

La base de todo ello la constituyen las propiedades químicas de las substancias que integran el protoplasma, sobre todo, de las substancias orgánicas que hemos examinado en los capítulos precedentes. Estas substancias llevan en sí gigantescas posibilidades químicas y pueden dar las reacciones más diversas. Sin embargo, estas posibilidades son aprovechadas por ellas con extraordinaria «pereza», con gran lentitud, a veces con una velocidad insignificante. A menudo, para que se produzca alguna de las reacciones que tienen lugar entre las substancias orgánicas, se requieren muchos meses y, a veces, hasta años. Por eso, los químicos utilizan a menudo en su trabajo diversas substancias de acción enérgica —ácidos y álcalis fuertes, etc. —, con el fin de fustigar, como si dijéramos, de acelerar el curso de las reacciones químicas entre las substancias orgánicas.

Para obtener ese aceleramiento de las reacciones químicas, cada vez se recurre con más frecuencia al uso de los llamados catalizadores. Desde hace tiempo se había observado que bastaba añadir a la mezcla donde se estaba efectuando una reacción la cantidad insignificante de cierto catalizador para que se produjese un intenso aceleramiento de la misma. Además, lo que distingue a los catalizadores es que no

se destruyen durante la reacción, y una vez terminada esta vemos que queda una cantidad de catalizador exactamente igual a la que fue añadida al principio. Por eso, bastan a veces cantidades muy pequeñas de catalizador para provocar la rápida transformación de masas muy considerables de distintas substancias. Esta propiedad es ampliamente utilizada hoy día en la industria química, donde se emplean como catalizadores diversos metales, sus óxidos y sus sales y otros cuerpos inorgánicos y orgánicos.

Las reacciones químicas que se producen en los animales y en los vegetales entre las diferentes substancias orgánicas tienen lugar con asombrosa velocidad. Si no fuera así, la vida no podría transcurrir tan vertiginosamente como en realidad transcurre. La gran velocidad de las reacciones químicas que se producen en el protoplasma se debe a que en él siempre se hallan presentes unos catalizadores biológicos especiales llamados fermentos.

Los fermentos fueron descubiertos hace tiempo, y ya desde mucho antes los hombres de ciencia se habían fijado en ellos. Resultó que los fermentos podían obtenerse del protoplasma vivo y separarse en forma de solución acuosa e incluso como polvo seco fácilmente soluble. No hace mucho se obtuvieron fermentos en forma cristalina y fue descubierta su composición química. Todos ellos resultaron ser proteínas, combinadas a veces con otras substancias de naturaleza no proteínica.

Por el carácter de su acción, los fermentos se parecen mucho a los catalizadores inorgánicos, pero se diferencian de ellos por la extraordinaria intensidad de su efecto. En este aspecto, los fermentos superan en centenares de miles e incluso en millones de veces a los catalizadores inorgánicos de acción análoga. Por consiguiente, en los fermentos de naturaleza proteínica tenemos un mecanismo extraordinariamente perfecto y sumamente racional para acelerar las reacciones químicas entre las substancias orgánicas. Al mismo tiempo, los fermentos, se distinguen por la excepcional especialidad de su acción.

La causa de esto reside en las particularidades del efecto catalítico de las proteínas. La substancia orgánica (el substrato que se modifica durante el proceso metabólico)

forma, ante todo, una unión compleja de muy corta duración con la correspondiente proteína-fermento. Esta unión compleja es inestable, pues con gran rapidez experimenta nuevas transformaciones: el substrato sufre los cambios correspondientes y el fermento se regenera, pudiendo volver a unirse con nuevas porciones del substrato.

Como vemos, para que cualquier substancia del protoplasma vivo pueda participar realmente en el metabolismo, debe combinarse con una proteína, formar con ella una unión compleja. En caso contrario, sus posibilidades químicas se patentizarán con una lentitud que les restará toda importancia para el impetuoso proceso de la vida. De aquí que el sentido en que se modifica cualquier substancia orgánica durante el metabolismo no sólo depende de la estructura molecular de esa substancia y de las posibilidades químicas latentes en ella, sino también de la acción fermentativa específica de las proteínas protoplasmáticas encargadas de incorporar esa substancia al proceso metabólico general.

Los fermentos no son sólo un poderoso acelerador de los procesos químicos que experimenta la materia viva; son también un mecanismo químico interno, gracias al cual esos procesos son llevados por un cauce bien concreto. La extraordinaria especificidad de las proteínas-fermentos permite que cada una de ellas forme uniones complejas únicamente con determinadas substancias y catalice tan sólo determinadas reacciones. Por eso, al verificarse éste o el otro proceso vital, y con mayor motivo aún, al producirse todo el proceso metabólico, entran en acción centenares, miles de proteínas-fermentos distintas. Cada una de ellas puede catalizar con carácter específico una sola reacción, y únicamente el conjunto de las acciones de todas ellas, combinadas de un modo bien preciso, permite ese orden regular de los fenómenos que constituye la base del metabolismo.

Aprovechando en nuestros laboratorios los distintos fermentos específicos obtenidos del organismo vivo, podemos reproducir aisladamente las diversas reacciones químicas, los diferentes eslabones del proceso metabólico. Esto nos permite desenredar el enmarañado ovillo de las transformaciones químicas que se

producen durante el metabolismo, en el que se entretejen miles de reacciones individuales. Por este procedimiento podemos descomponer el proceso metabólico en sus distintas etapas químicas, podemos analizar, no sólo las substancias que integran la materia viva, sino también los procesos que se operan en ella. De este modo, A. Baj, V. Palladin y, posteriormente, otros investigadores lograron demostrar que la respiración, típico proceso vital, se basa en una serie de reacciones de oxidación, reducción, etc., que se suceden con todo rigor en determinado orden y cada una de las cuales es catalizada por su fermento específico. Lo mismo fue demostrado por S. Kóstichev, A. Liébedev y otros autores en lo que respecta a la química de la fermentación.

En la actualidad, ya hemos pasado del análisis de los procesos vitales a su reproducción, a su síntesis. Así, combinando en forma bien precisa en una solución acuosa de azúcar una veintena de fermentos distintos, obtenidos de seres vivos, podemos reproducir los fenómenos de la fermentación alcohólica. En este líquido, donde se hallan disueltas numerosas proteínas distintas, las transformaciones del azúcar se producen en el mismo orden regular que siguen en la levadura viva, a pesar de que en este caso no existe, naturalmente, ninguna estructura celular.

En el ejemplo presente, el orden de las reacciones viene determinado por la composición cualitativa de la mezcla de fermentos. Sin embargo, en el organismo existe también una regulación rigurosamente cuantitativa de la acción catalítica de las proteínas. Esta regulación se basa en la extraordinaria sensibilidad de los fermentos a las influencias de distinto género. En realidad, no hay factor físico o químico, no hay substancia orgánica o sal inorgánica que, de un modo u otro, no influya sobre el curso de las reacciones fermentativas. Cualquier elevación o descenso de la temperatura, toda modificación de la acidez del medio, del potencial oxidativo, de la composición salina o de la presión osmótica, altera la correlación entre las velocidades de las distintas reacciones fermentativas, modificando así su concatenación en el tiempo. Ahí es donde residen las premisas de esa unidad entre

el organismo y el medio, tan característica de la vida, y a la que I. Michurin dio en sus trabajos una amplia base científica.

La organización espacial de la substancia viva ejerce, en las células de los organismos actuales, una gran influencia sobre el orden y la dirección de las reacciones fermentativas que constituyen la base del proceso metabólico. Al agruparse entre sí, las proteínas pueden separarse de la solución general y formar diversas estructuras protoplasmáticas dotadas de gran movilidad. En la superficie de estas estructuras se concentran muchos fermentos.

Las investigaciones realizadas por el Instituto de Bioquímica de la Academia de Ciencias de la U. R. S. S. han demostrado que esta ligazón entre los fermentos y las estructuras protoplasmáticas no sólo tiene una influencia substancial sobre la velocidad, sino también sobre la dirección de las reacciones fermentativas. Esto hace aún más estrecha la relación entre el metabolismo y las condiciones del medio ambiente. Ocurre a menudo que cualquier factor, que por sí solo no ejerce ninguna influencia sobre el trabajo de los distintos fermentos, altera radicalmente el equilibrio entre la desintegración y la síntesis al modificar la capacidad ligadora de las estructuras proteínicas del protoplasma, sumamente sensibles a estas influencias.

Como vemos, ese orden, tan característico de la organización del protoplasma, tiene por base las propiedades químicas de las substancias que integran la materia viva. La gran diversidad de substancias existentes y su excepcional capacidad de dar origen a reacciones químicas, encierran la posibilidad de infinitas modificaciones y transformaciones químicas. Pero en el protoplasma vivo estas transformaciones están reguladas por toda una serie de factores externos e internos: la presencia de todo un juego de fermentos, su relación cualitativa, la acidez del medio, el potencial de óxido-reducción, las propiedades coloidales del protoplasma, su estructura, etc. Cada substancia que surge en el protoplasma, cada estructura que se separa de la masa protoplasmática general, todo eso modifica la rapidez y la

dirección de las distintas reacciones químicas y, por consiguiente, influye sobre todo el orden de los fenómenos vitales en su conjunto.

Resulta, por tanto, un círculo de fenómenos que se entrelazan unos con otros y que están estrechamente relacionados entre sí. El orden regular de las reacciones químicas, propio del protoplasma vivo, da origen a la formación de determinadas substancias, a ciertas condiciones físicas y químicas y a distintas estructuras morfológicas. Pero todos estos fenómenos —la composición del protoplasma, sus propiedades y su estructura—, una vez presentes, comienzan a su vez a actuar como factores que determinan la velocidad, la dirección y la concatenación de las reacciones que se producen en el protoplasma, y por consiguiente también, el orden regular que dio origen a esa composición y a esa estructura del protoplasma.

Ahora bien, el orden citado sigue una determinada dirección, tiende a un determinado fin, y esta circunstancia, propia de la vida, tiene gran importancia, pues establece una diferencia de principio entre los organismos vivos y todos los sistemas del mundo inorgánico. Los centenares de miles de reacciones químicas que se producen en el protoplasma vivo, no sólo están rigurosamente coordinados en el tiempo, no sólo se combinan armónicamente en un orden único, sino que todo este orden tiende a un mismo fin; a la autorrenovación, a la autoconservación de todo el sistema vivo en su conjunto, en consonancia con las condiciones del medio ambiente.

Por eso, precisamente, el protoplasma es un sistema dinámico estable, y a pesar del constante proceso de desintegración (desasimilación) que tiene lugar en él, conserva de generación en generación la organización que le es propia. Todos los eslabones de esta organización pueden ser estudiados y comprendidos por nosotros con el concurso de las leyes físicas y químicas. De este modo podemos saber por qué se origina en el protoplasma tal o cual substancia o estructura y cómo esta substancia o esta estructura influye sobre la velocidad y la sucesión de las reacciones químicas, sobre la correlación entre la síntesis y la desintegración, sobre el crecimiento y la morfogénesis de los organismos, etcétera.

Pero el conocimiento de las leyes citadas y el estudio del protoplasma en su aspecto actual no nos permitirán jamás, por sí solos, responder a la pregunta de por qué todo este orden vital es como es, por qué es tan «armónico», por qué está tan en consonancia con las condiciones del medio ambiente. Para responder a estas preguntas es preciso estudiar la materia en su desarrollo histórico. La vida ha surgido durante este desarrollo, como una forma nueva y más compleja de organización de la materia, sometida a leyes de orden superior a las que imperan en la naturaleza inorgánica. La unidad dialéctica organismo-medio, que sólo pudo surgir sobre la base de la formación de sistemas individuales de orden plurimolecular, fue lo que determinó la aparición de la vida y todo su desarrollo ulterior en nuestro planeta.

Capítulo 7
Origen de los organismos primitivos[16]

Contenido:

Los coacervados que aparecieron por vez primera en las aguas de los mares y océanos aún no tenían vida. Sin embargo, ya desde su aparición llevaban latente la posibilidad de dar origen, en determinadas condiciones del desarrollo, a la formación de sistemas vivos primarios.

Como hemos visto en los capítulos precedentes, tal situación es propia también de todas las etapas anteriores de la evolución de la materia. En las asombrosas propiedades de los átomos de carbono de los cuerpos cósmicos se hallaba latente ya la posibilidad de formar hidrocarburos y sus derivados más simples. Éstos, gracias a la estructura especial de sus moléculas y a las propiedades químicas de que estaban dotados, hubieron de convertirse obligatoriamente, en las tibias aguas del océano primitivo, en diversas substancias orgánicas de elevado peso molecular, dando origen, en particular, a los cuerpos proteinoides. Del mismo modo, las propiedades de las proteínas encerraban ya la posibilidad de originar coacervados

complejos. A medida que iban creciendo y haciéndose más complicadas, las moléculas proteínicas tuvieron que irse agrupando y separando de las soluciones en forma de gotas coacerváticas.

En esta individualización de las gotas respecto del medio exterior —en la formación de sistemas coloidales de tipo individual— hallábase implícita la garantía de su ulterior desarrollo. Incluso gotas que habían surgido al mismo tiempo en la solución acuosa se diferenciaban en cierto grado unas de otras por su composición y por su estructura interna. Y estas particularidades individuales de la organización fisicoquímica de cada gota coacervática imprimían su sello a las transformaciones químicas que se producían precisamente en ella. La existencia de tales o cuales substancias, la presencia o ausencia de catalizadores inorgánicos muy simples (hierro, cobre, calcio, etc.), el grado de concentración de las substancias proteínicas o de otras substancias coloidales que integraban el coacervado y, por último, una determinada estructura, aunque fuese muy inestable, todo ello repercutía en la velocidad y la dirección de las distintas reacciones químicas que tenían lugar en esa gota coacervática, todo ello imprimía un carácter específico a los procesos químicos de la misma. De este modo, se iba poniendo de manifiesto cierta relación entre la estructura individual u organización de esa gota y las transformaciones químicas que se operaban en ella en las condiciones concretas del medio circundante. Estas transformaciones eran diferentes en las distintas gotas. Esto, en primer lugar.

En segundo lugar, debe prestarse atención a la circunstancia de que las diversas reacciones químicas, que en forma más o menos desordenada se producían en la gota coacervática, no dejaron de desempeñar su papel en la suerte ulterior del coacervado. Desde este punto de vista, algunas de esas reacciones ejercieron una influencia positiva, fueron útiles, contribuyeron a hacer más estable el sistema en cuestión y a prolongar su existencia. Otras, por el contrario, fueron perjudiciales, tuvieron un carácter negativo y condujeron a la destrucción, a la desaparición de nuestro coacervado individual.

Por lo dicho se ve que la propia formación de sistemas individuales dio lugar a la aparición de relaciones y de leyes totalmente nuevas. En una simple solución homogénea de substancias orgánicas los conceptos «útil» y «perjudicial» carecen de sentido. En cambio, aplicados a sistemas individuales adquieren una significación muy real, pues los fenómenos a que se refieren determinan la suerte ulterior de estos sistemas.

Mientras la substancia orgánica estaba fundida totalmente con el medio circundante, mientras se hallaba disuelta en las aguas de los mares y océanos primitivos, podíamos seguir la evolución de esa substancia en su conjunto, como si formase un todo único. Pero en cuanto la substancia orgánica se concentra en determinados puntos del espacio, formando coacervados, en cuanto estas formas se separan del medio ambiente por límites más o menos netos y adquieren cierta individualidad, inmediatamente se crean nuevas relaciones, más complejas que las anteriores. A partir de ese momento, la historia de cualquiera de esos coacervados pudo diferenciarse esencialmente de la historia de otro sistema individual análogo, adyacente a él. Lo que ahora determina su destino son las relaciones entre las condiciones del medio ambiente y la propia estructura específica de la gota, que, en sus detalles, es exclusiva de ella, pudiendo ser algo distinta en las otras gotas, pero también específica para cada gota individual.

¿Cuáles fueron los factores que determinaron la existencia individual de cada una de esas gotas en las condiciones concretas del medio ambiente? Supongamos que en alguno de los depósitos primitivos de agua de nuestro planeta se formaron coacervados al mezclarse distintas soluciones de substancias orgánicas de elevado peso molecular. Veamos cuál pudo haber sido el destino de cualquiera de ellos. En el océano primitivo de la Tierra, el coacervado no se hallaba simplemente sumergido en agua, sino que se encontraba en una solución de diferentes substancias orgánicas e inorgánicas. Estas substancias eran absorbidas por él, después de lo cual comenzaban a producirse reacciones químicas entre esas substancias y las del propio coacervado. En consecuencia, el coacervado iba

creciendo. Pero, paralelamente a estos procesos de síntesis, en la gota se producían también procesos de descomposición, de desintegración de la substancia. La velocidad de unos y otros procesos estaba determinada por la correlación entre las condiciones del medio exterior (temperatura, presión, concentración de las substancias orgánicas y de las sales, acidez, etc.) y la organización fisicoquímica interna de la gota. Ahora bien, la correlación entre la velocidad de los procesos de síntesis y desintegración no podía ser indiferente para el destino ulterior de nuestra forma coloidal. Podía ser útil o perjudicial, podía influir en sentido positivo o negativo sobre la existencia misma de nuestra gota e incluso sobre la posibilidad de su aparición.

Únicamente pudieron subsistir durante un tiempo más o menos prolongado los coacervados que tenían cierta estabilidad dinámica, aquéllos en los que la velocidad de los procesos de síntesis predominaba sobre la de los procesos de desintegración, o, por lo menos, se equilibraba con ella. Por el contrario, las gotas cuyas modificaciones químicas se orientaban fundamentalmente, en las condiciones concretas del medio circundante, hacia la desintegración, estaban condenadas a desaparecer con mayor o menor rapidez o ni siquiera llegaban a formarse. En todo caso, su historia individual se interrumpía relativamente pronto, razón por la cual no podían ya desempeñar un papel importante en la evolución ulterior de la substancia orgánica. Este papel sólo podían desempeñarlo las formas coloidales dotadas de estabilidad dinámica. Cualquier pérdida de esa estabilidad conducía a la muerte rápida y a la destrucción de tan «desafortunadas» formas orgánicas. Esas gotas mal organizadas se desintegraban, y las substancias orgánicas contenidas en ellas volvían a dispersarse por la solución y se incorporaban a ese puchero general del que se alimentaban las gotas coacerváticas más «afortunadas», mejor organizadas.

Sin embargo, aquellas gotas, en las que la síntesis predominaba sobre la desintegración, no sólo debieron conservarse, sino también aumentar de volumen y de peso, es decir, debieron crecer. Así se fue produciendo un aumento gradual de

las proporciones de aquellas gotas que tenían precisamente la organización más perfecta para las condiciones de existencia dadas. Ahora bien, cada una de esas gotas, al aumentar de tamaño, por la sola influencia de causas puramente mecánicas hubieron de dividirse en distintas partes, en varios trozos. Las gotas «hijas» así formadas tenían, aproximadamente, la misma organización fisicoquímica que el coacervado de que procedían. Pero a partir del momento de la división, cada una de ellas habría de seguir su camino, en cada una de ellas habrían de empezar a producirse modificaciones propias que harían mayores o menores sus probabilidades de seguir existiendo. Se comprende que todo esto sólo pudo suceder en los coacervados cuya organización individual, en aquellas condiciones concretas del medio exterior, les proporcionaba estabilidad dinámica. Tales coacervados eran los únicos que podían subsistir largo tiempo, crecer y dividirse en formas «hijas». Cualquiera de las modificaciones que se producían en la organización del coacervado bajo la influencia de las variaciones constantes del medio exterior, sólo podía perdurar en el caso de que satisficiese las condiciones arriba mencionadas, únicamente si elevaba la estabilidad dinámica del coacervado en aquellas condiciones concretas de existencia. Por eso, a la vez que aumentaba la cantidad de substancia organizada, a la vez que crecían las gotas coacerváticas en la superficie de la Tierra, modificábase constantemente la calidad de su propia organización, y estas modificaciones se realizaban en determinado sentido, precisamente en el sentido que daba origen a un orden de los procesos químicos que habría de asegurar la autoconservación y la autorrenovación constante de todo el sistema en su conjunto.

Al mismo tiempo, y a la vez que aumentaba la estabilidad dinámica de nuestras formas coloidales, su evolución ulterior debía orientarse también hacia un incremento del propio dinamismo de estos sistemas, hacia un aumento de la velocidad de las reacciones que tenían lugar en ellos. Se comprende perfectamente que estos coacervados dinámicamente estables tenían, gracias a su capacidad recién adquirida de transformar más rápidamente las substancias, grandes ventajas sobre

los demás coacervados que flotaban en la misma solución de cuerpos orgánicos. Esta capacidad les permitía asimilar más rápidamente esos cuerpos orgánicos, crecer con mayor rapidez, y por eso, en la masa general de los coacervados, su significación y la de su descendencia iba siendo cada vez mayor.

Los coacervados orgánicos más simples, con su inestable estructura elemental, tarde o temprano debieron desaparecer de la faz de la Tierra, debieron disgregarse y retornar a la solución primitiva. Sus descendientes más inmediatos, que habían adquirido cierta estabilidad, también habrían de retrasarse pronto en su desarrollo si no adquirían a la vez la capacidad de llevar a cabo con rapidez las reacciones químicas. Sólo podían seguir creciendo y desarrollándose las formas en cuya organización se habían producido cambios esenciales que aceleraban muy considerablemente la velocidad de las reacciones químicas y establecían a la vez en ellas cierta coordinación, cierto orden.

Como hemos visto en el capítulo precedente, los fermentos son esos aparatos químicos internos que aceleran y orientan el curso de los procesos que se operan en el protoplasma vivo. No hace mucho se ha logrado establecer que la fuerza extraordinaria de la acción catalítica de los fermentos y su asombrosa especificidad se deben a una estructura especial de las proteínas que los integran. Los fermentos son cuerpos complejos en los que se combinan substancias dotadas de actividad catalítica y proteínas específicas que incrementan muy considerablemente esa actividad. Podemos tomar como ejemplo la catalasa, fermento cuyo papel en el protoplasma vivo consiste en acelerar la descomposición del peróxido de hidrógeno en oxígeno y agua. Esta reacción puede acelerarse por la simple presencia de hierro inorgánico, pero la acción de éste en tal caso es sumamente débil. Sin embargo, combinando el hierro con una substancia orgánica especial (el pirrol), podemos lograr que ese efecto sea casi mil veces mayor. El fermento natural, la catalasa, también contiene hierro combinado con pirrol, pero su efecto es aproximadamente diez millones de veces mayor que de esa combinación, pues, en la catalasa, con el hierro y el pirrol se combina, además, una proteína específica. En consecuencia,

vemos que un miligramo de hierro de la catalasa puede sustituir por su efecto catalítico a diez toneladas de hierro inorgánico. ¡Pese a todo el perfeccionamiento de nuestra técnica industrial, todavía no hemos conseguido el grado de «racionalización» alcanzado por la naturaleza viva!

Este incremento de la acción catalítica se debe a la estructura específica de las proteínas-fermentos, a que en éstas se combinan con extraordinaria perfección grupos activos y grupos activadores. Por sí solas, las distintas partes del fermento ejercen una acción catalítica débil.

La extraordinaria potencia del fermento sólo se consigue cuando estas partes se combinan entre sí de un modo bien preciso. Es evidente que esa combinación de los grupos citados, que nos ofrecen los fermentos, y esa relación, tan propia de ellos, que existe entre su estructura química y la función fisiológica, sólo pudieron originarse a consecuencia de un constante perfeccionamiento de tales sistemas y la adaptación de su estructura a la función que desempeñan en las condiciones de existencia dadas.

Las numerosas transformaciones de las substancias orgánicas, primero en la solución acuosa y luego en las formas coloidales primitivas, se producían con relativa lentitud. El aceleramiento de las distintas reacciones únicamente pudo lograrse merced a la acción de catalizadores inorgánicos (sales de calcio, de hierro, de cobre, etc.), tan abundantes en las aguas del océano primitivo.

En las formaciones coloidales individuales, estos catalizadores inorgánicos empezaron a combinarse de mil maneras con diversos cuerpos inorgánicos. Entre todas estas combinaciones, unas podían ser afortunadas, podían incrementar el efecto catalizador de sus componentes por separado; otras podían ser desafortunadas, podían reducir ese efecto y, por tanto, disminuir el dinamismo general de todo el sistema. Ahora bien, bajo la influencia del medio exterior, estas últimas se destruían sistemáticamente, desaparecían de la faz de la Tierra. Para el desarrollo ulterior sólo quedaban las que cumplían sus funciones con la máxima rapidez y del modo más racional.

A consecuencia de ese proceso evolutivo, los catalizadores inorgánicos, los más sencillos, que en la solución de substancias orgánicas primitivas aceleraban en bloque grupos enteros de reacciones análogas, al llegar a nuestras formas coloidales fueron reemplazados gradualmente por fermentos más complejos, pero a la vez más perfectos, dotados no sólo de gigantesca actividad, sino también de un efecto sumamente específico, por el cual sólo ejercían su acción sobre determinadas reacciones. Se comprenden fácilmente las enormes ventajas que suponía la aparición de tales combinaciones químicas para la organización general de los procesos que tenían lugar en esas formas coloidales.

Naturalmente, la evolución de los fermentos sólo pudo producirse en el caso de que, paralelamente a ella, se diese cierta regulación, cierta coordinación de las diversas reacciones fermentativas. Todo aumento substancial de la velocidad de tal o cual reacción únicamente podía consolidarse en el proceso evolutivo si significaba un progreso desde este punto de vista, si no alteraba la estabilidad dinámica de todo el sistema, si, por el contrario, contribuía a aumentar el orden interno en la organización de la forma coloidal dada.

En los coacervados primitivos, esta coordinación entre las distintas reacciones químicas aún era muy débil. Las substancias orgánicas que afluían del exterior y los productos intermediarios de la desintegración aún podían sufrir en ellos transformaciones químicas en sentidos muy diversos. Naturalmente, en las primeras fases del desarrollo de los coacervados, estas síntesis desordenadas también podían contribuir a la proliferación de la substancia organizada. Pero en estos casos, la organización de los sectores coloidales que se iba formando cambiaba constantemente y se hallaba seriamente amenazada del peligro de desintegración, de autodestrucción. Nuestros sistemas coloidales llegaron a adquirir una estabilidad dinámica más o menos permanente tan sólo cuando los procesos de síntesis producidos en ellos se coordinaron entre sí, cuando en estos procesos se estableció cierta repetición regular, cierto ritmo.

En el proceso evolutivo de los sistemas coloidales individuales, lo que ofrecía interés no eran las diversas combinaciones que se producían en ellos accidentalmente, sino la repetición constante de una determinada combinación, la aparición de cierta concordancia en las reacciones, que aseguraba la síntesis regular de esa combinación en el curso de la proliferación de la substancia organizada. Así fue cómo surgió ese fenómeno al que hoy denominamos capacidad de regeneración del protoplasma.

Sobre esta base se originó cierta estabilidad de la composición de nuestros sistemas coloidales. En particular, ese ritmo de las síntesis repetidas con regularidad, del que acabamos de hablar, se vio también claramente expresado en la estructura de las substancias proteínicas. La concordancia en las numerosas reacciones de síntesis, que en su conjunto condujeron a la formación de la molécula proteínica, excluía la posibilidad de que se combinasen desordenadamente los distintos eslabones de la cadena polipeptídica. Por eso, la disposición arbitraria de los residuos de aminoácidos, propia de las substancias albuminoideas primitivas, fue cediendo lugar poco a poco a una estructura más precisa de la micela albuminoidea.

Esta estabilidad de la composición química de las formas coloidales individuales dio origen a cierta estabilidad estructural de las mismas. Las proteínas dotadas de una determinada estructura, propias de cada sistema coloidal, ya no se combinan entre sí al azar, sino con estricta regularidad. Por eso, en el proceso evolutivo de los coacervados primitivos, su estructura, inestable, fugaz, demasiado dependiente de las influencias accidentales del exterior, debió ser reemplazada por una organización espacial dinámicamente estable que les asegurase el predominio de las reacciones fermentativas de síntesis sobre las de desintegración.

Así fue como llegó a formarse esa concordancia entre los distintos fenómenos, esa adaptación —tan propia de la organización de todos los seres vivos— de la estructura interna al desempeño de determinadas funciones vitales en las condiciones concretas de existencia.

El estudio de la organización de las formas vivas más simples existentes en la actualidad, nos permite seguir el proceso de complicación y perfeccionamiento gradual de la organización de las estructuras descritas más arriba. En fin de cuentas, ese proceso condujo a la aparición de una forma cualitativamente nueva de existencia de la materia. Así fue como se produjo ese «salto» dialéctico que significó la aparición de los seres vivos más simples en la superficie de la Tierra.

La estructura de esos sencillísimos organismos primitivos era ya mucho más perfecta que la de los coacervados, pero, a pesar de todo, era incomparablemente más simple que la de los seres vivos más sencillos de nuestros días. Aquellos organismos carecían aún de estructura celular, la cual apareció en una etapa muy posterior del desarrollo de la vida.

Fueron pasando años, siglos, milenios. La estructura de los seres vivos se iba haciendo más perfecta, se iba adaptando más y más a las condiciones en que se desarrollaba la vida. La organización de los seres vivos iba siendo cada vez mayor. Al principio, sólo se alimentaban de substancias orgánicas. Pero con el curso del tiempo esas substancias fueron escaseando, por lo que a los organismos primitivos no les quedó más remedio que sucumbir o desarrollar, en el proceso evolutivo, la propiedad de construir de algún modo substancias orgánicas a base de los materiales proporcionados por la naturaleza inorgánica, a base del anhídrido carbónico y el agua. Ciertos seres vivos lo lograron, en efecto. En el proceso gradual de la evolución lograron desarrollar la propiedad de absorber la energía de los rayos solares, de descomponer el anhídrido carbónico con ayuda de esa energía y de aprovechar el carbono así obtenido para formar en su cuerpo substancias orgánicas. De este modo surgieron las plantas más sencillas, las algas cianofíceas, cuyos restos pueden hallarse en sedimentos muy antiguos de la corteza terrestre.

§. Los Seres Vivos más Sencillos

Otros seres vivos conservaron su antiguo sistema de alimentación, pero ahora lo que les servía de alimento eran esas mismas algas, cuyas substancias orgánicas eran

aprovechadas por ellas. Así fue cómo surgió en su forma primitiva el mundo de los animales.

«En los albores de la vida», al principio de la era llamada eozoica, tanto las plantas como los animales estaban representados por pequeñísimos seres vivos unicelulares, semejantes a las bacterias, a las algas cianofíceas y a las amibas de nuestros días. La aparición de organismos pluricelulares, formados por muchas células agrupadas en un solo organismo, fue un gran acontecimiento en la historia del desarrollo gradual de la naturaleza viva.

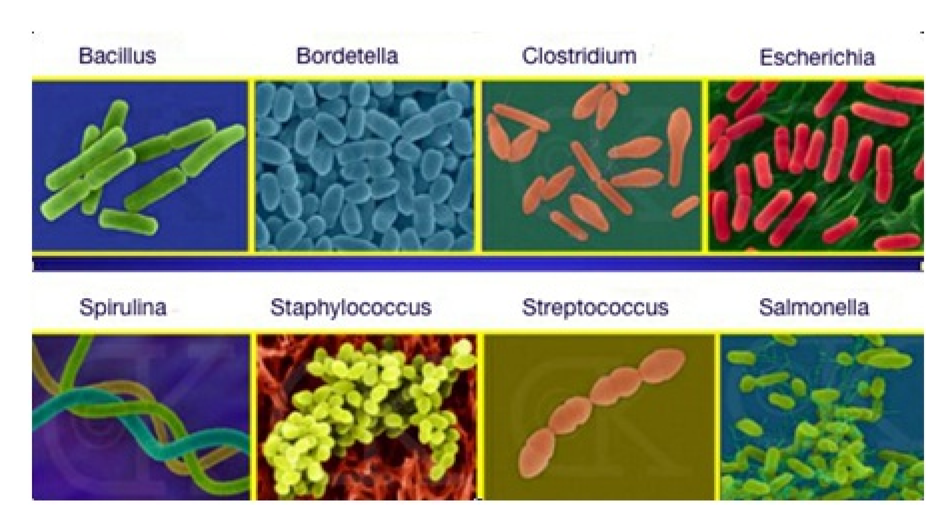


Figura 17. Los seres vivos que aparecieron en un principio eran semejantes a los microbios existentes en la actualidad. Imagen sustraída de internet para esta edición digital.

Los organismos vivos iban siendo cada vez más complicados, su diversidad era cada vez mayor. En el transcurso de la era eozoica, que duró muchísimos millones de años, la población del océano primitivo llegó a adquirir extraordinaria diversidad y sufrió cambios profundísimos. Las aguas de los mares y océanos se poblaron de grandes algas, entre cuya maleza hicieron su aparición numerosas medusas, moluscos, equinodermos y gusanos de mar. La vida entró en una nueva era, en la era paleozoica. Podemos juzgar del desarrollo de la vida en ésta era por

los restos fósiles de aquellos seres vivos que poblaron nuestro planeta hace muchos millones de años.

§. Plantas y Animales Unicelulares

Más adelante, su estructura interna se fue complicando y se formaron los seres vivos unicelulares.



Figura 18. Distintos tipos de plantas y animales unicelulares (flagelados, algas unicelulares, infusorios y amiba). Imagen elaborada para esta edición digital.

§. Los Organismos Pluricelulares más Sencillos

Posteriormente, en las aguas del océano primitivo se formaron seres vivos integrados por muchas células

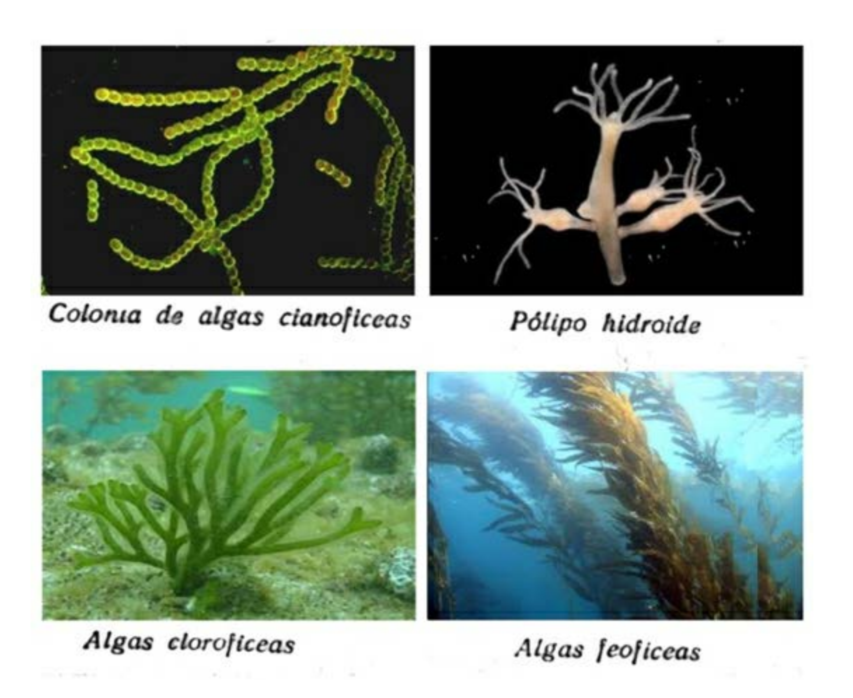


Figura 19. Organismos pluricelulares del océano primitivo (colonia de algas cianofíceas, pólipo hidroide, algas clorofíceas y algas feofíceas). Imagen elaborada para esta edición digital.

Hace más de quinientos millones de años, en ese período de la historia de la Tierra que ha recibido el nombre de período cámbrico, la vida hallábase concentrada aún en los mares y océanos. Aún no habían aparecido los vertebrados que conocemos hoy día (los peces, los anfibios, los reptiles, las aves y las fieras). Tampoco había flores, hierbas ni árboles. Las únicas plantas eran las algas, y de los animales no había más que medusas, esponjas, gusanos anélidos, trilobites (próximos a los cangrejos) y diversos equinodermos.

§. El Desarrollo de la Vida en las Aguas de los Océanos y de los Mares más Antiguos

Habitantes del mar en el período cámbrico

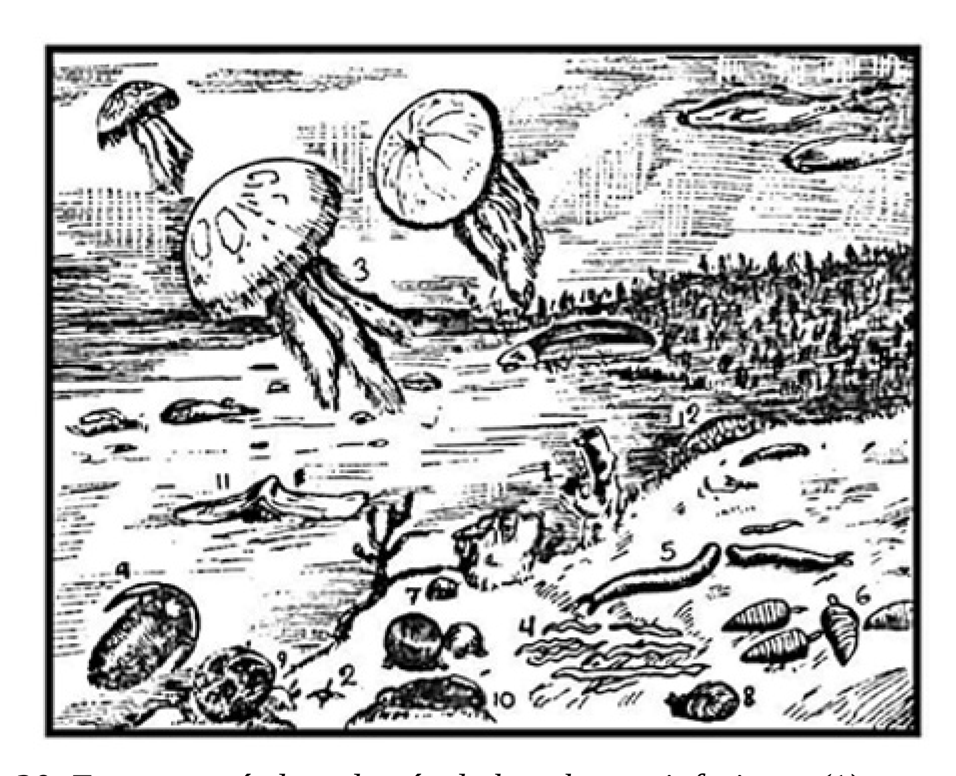


Figura 20. En este período, además de las plantas inferiores (1), aparecieron también algas superiores y todos los tipos de animales invertebrados. Había entonces animales unicelulares microscópicos, esponjas, arqueociátides, parecidos a ellas (2), medusas (3), gusanos anélidos (4 y 5), sagittas o flechas de mar (6), braquiópodos de concha bivalva (7 y 8), los primeros moluscos (babosas). Abundaban sobre todo los trilobites, próximos a los cangrejos (9). También aparecieron diversos equinodermos, algunos de ellos se adherían a los distintos objetos submarinos (10), otros, como las holoturias o cohombros de mar, se arrastraban por el fondo (11 y 12), aunque también había holoturias que podían nadar (13).

En el período silúrico, que sucede al cámbrico, aparecen las primeras plantas terrestres y, en el mar, los primeros vertebrados, próximos a las lampreas actuales. A diferencia de los peces, aún no tenían mandíbulas. Muchos de ellos estaban recubiertos de una coraza ósea.

Hace trescientos cincuenta millones de años, en el período llamado devoniano, aparecieron en los ríos y en las lagunas marinas peces auténticos, parecidos a los

tiburones actuales y remotos predecesores de ellos; pero todavía no existían los actuales peces teleósteos, como la perca, el lucio o la brema.

§. Aparición de los Primeros Peces

Distintos peces del período devónico.

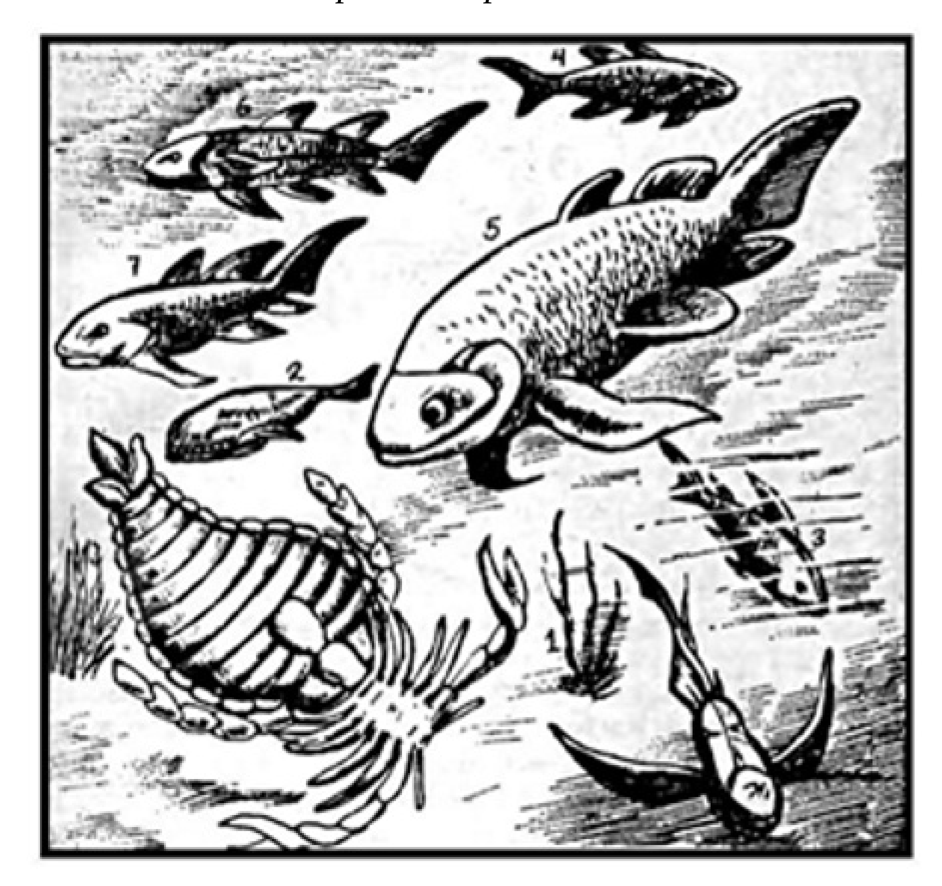


Figura 21. En este período aparecieron verdaderos peces que abundan extraordinariamente en las aguas dulces de las lagunas marinas, en las que se encuentran los antecesores remotos y próximos de los actuales tiburones. Unos tenían el cuerpo envuelto en una coraza ósea (1 y 2), en el esqueleto de algunos de ellos se desarrollaron ciertos huesos (3 y 4). Faltaban aún los peces teleósteos actuales pero abundaban los crosopterigios (5 y 6) y los dipnoos (7), que podían respirar el aire con que llenaban su vejiga natatoria. A finales de este período los crosopterigios dieron origen a los anfibios, primeros vertebrados terrestres.

Pasan otros cien millones de años, llega el período carbonífero y aparecen en la Tierra espesos bosques en los que crecen gigantescos helechos, la cola de caballo y el licopodio. Por las orillas de los lagos y de los ríos se arrastran numerosos anfibios, de clases muy diversas. Lo mismo que los peces, estos desovan en el agua. Su piel húmeda y viscosa se secaba fácilmente al aire, circunstancia que les impedía alejarse por mucho tiempo de los depósitos de agua. Pero a finales del carbonífero aparecen ya los primeros reptiles. Su piel córnea los protegía de la desecación, por cuya razón ya no estaban ligados a los depósitos de agua y podían extenderse ampliamente por tierra firme. Los reptiles ya no desovaban en el agua, sino que ponían huevos.

§. Los Animales y las Plantas Pueblan la Tierra Firme

Anfibios del período carbonífero.

Hace doscientos veinticinco millones de años, comenzó un nuevo período, el período pérmico. Las filicíneas van siendo desplazadas paulatinamente por los predecesores de las coníferas actuales; aparecen las palmeras del sagú. Los anfibios primitivos ceden lugar a los reptiles, más adaptados al clima seco.



Figura 22. En el período carbonífero (hace 250 millones de años), aparecen numerosos anfibios. Entre ellos, unos tenían tamaños gigantescos como el eogirinus (1) y el baphetus (2), otros eran enanos como los branquiosaurios (3). A finales de este período, los anfibios dieron origen a los primeros reptiles, que ya no estaban ligados a los depósitos de agua y podían extenderse ampliamente por tierra firme.

Aparecen los primeros antepasados de los «terribles lagartos» o dinosaurios, gigantescos reptiles que en períodos posteriores dominaron sobre la Tierra. Pero aún no habían aparecido las aves ni las fieras.

§. La Vida Conquista Definitivamente la Tierra Firme

Reptiles antiguos del período pérmico

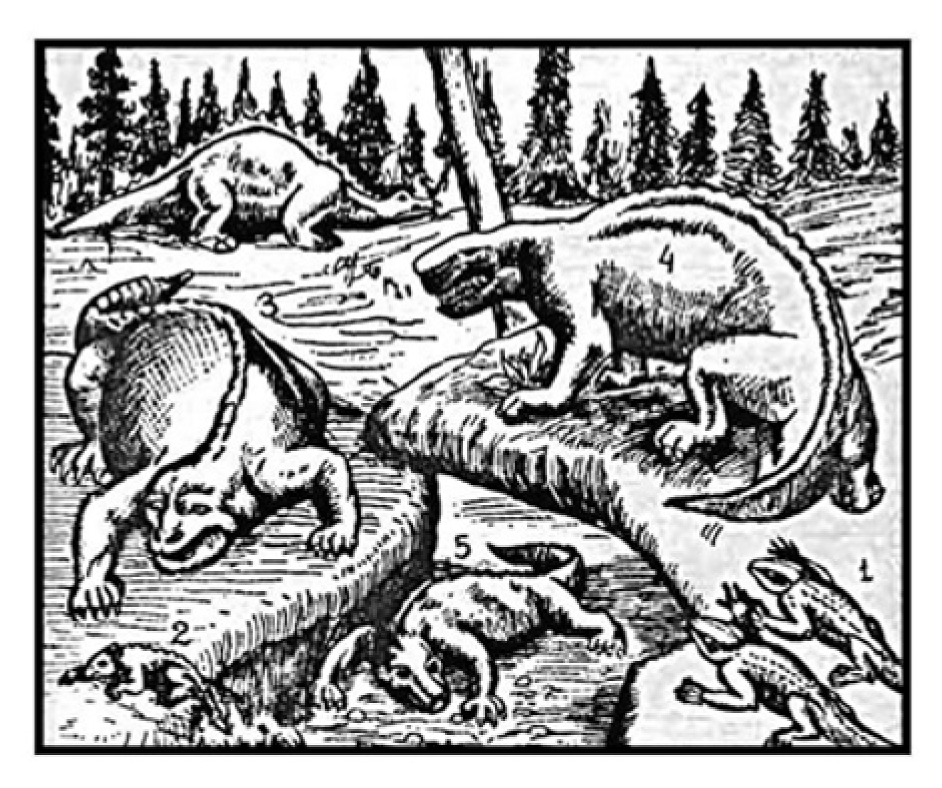


Figura 23. En este período los anfibios primitivos ceden lugar a los reptiles. Algunos de ellos todavía se parecen mucho a los anfibios —los kotlasia (1 y 2). Se encuentran grandes reptiles herbívoros —los pareiasaurios (3) — y otros que recuerdan por muchas particularidades de su estructura a las fieras (mamíferos). Entre ellos, algunos eran animales carniceros —los inostrancevia (4) —, otros eran desdentados y herbívoros —los dicinodontes (5).

El reino de los reptiles se extiende por la Tierra sobre todo en los períodos jurásico y cretácico. En esa época hacen su aparición árboles, flores y hierbas cercanos a los actuales. Los reptiles pueblan la tierra, las aguas y el aire. Por la superficie de la tierra andan los terribles y gigantescos dinosaurios; cruzan el espacio los «dragones volantes» o pteranodontes; en las aguas de los mares nadan animales carniceros, como las serpientes de mar, los ictiosaurios y las plesiosaurios.

§. El Dominio de los Reptiles en la Tierra

Monstruos del período cretácico.

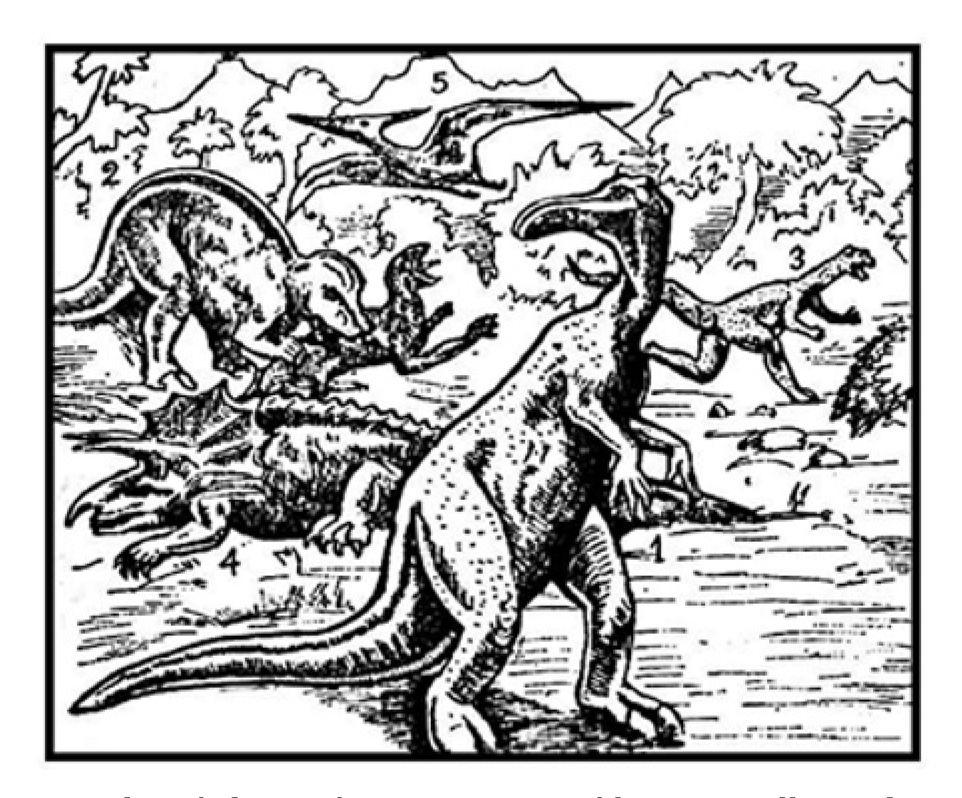


Figura 24. En el período cretácico, que terminó hace 60 millones de años, es la época de máximo desarrollo de los reptiles, que a fines de este período se extinguen en masa. La mayor diversidad la ofrecen los gigantescos dinosaurios, muchos de los cuales andaban apoyándose únicamente en las patas de atrás. Figuraban entre ellos el tracodonte, gigante inofensivo (1), el tiranosaurio, feroz carnicero (2), el estruciomimo, también carnicero, aunque de tamaño menor (3), el tricerátops, reptil cornúpedo, andaba a cuatro patas (4) y cruzaban el aire los pteranodontes (5). En el período cretácico aparecen en poco número las aves y las fieras, originadas por los reptiles en los períodos precedentes.

Hace treinta y cinco millones de años comenzó el reino de las aves y de las fieras. A mediados del período terciario ya se había extinguido la mayoría de los grandes reptiles, apareciendo numerosas especies de aves y de mamíferos, que ocupan una posición dominante entre todos los animales. Sin embargo, los mamíferos de entonces eran muy distintos de los actuales. Aún no existían los monos, los caballos, los toros, los renos y los elefantes que viven en la actualidad.

§. El Dominio de las Aves y de las Fieras en la Tierra

La selva a mediados del período terciario.



Figura 25. Entre los mamíferos ungulados figuran los uintaterios (1), remotos antepasados de los elefantes, y los paleohioppus (2), parientes no muy próximos de los caballos. Entre los creodontes, los carniceros más antiguos, vivían los dromeciones (3), parecidos a los perros, y los patriofelis (4), semejantes a las nutrias. Figuraban también los extraños tiloterios (5), cuyos dientes eran análogos a los de las ratas y erizos. También se encuentran los primeros armadillos (6) y los primeros monos lemúridos (7).

En el curso de la segunda mitad del período terciario, los mamíferos se van pareciendo cada vez más a los actuales. A finales de este período existen ya verdaderos renos, toros, caballos, rinocerontes, elefantes y diversas fieras. A comienzos de la segunda mitad del período terciario aparecen los monos; primero los cinocéfalos o monos inferiores, posteriormente los antropoides o monos superiores.

Hace un millón de años, en los límites de los períodos terciario y cuaternario (último período, que dura hasta hoy día) aparecieron en la Tierra los pitecántropos, monos hombres que forman el eslabón intermedio entre el mono y el hombre. Los pitecántropos ya sabían hacer uso de los instrumentos de trabajo más sencillos. Estos monos hombres se extinguieron. Sus sucesores fueron nuestros antepasados. Durante el cuaternario, en los duros tiempos del último período glacial, en el siglo del mamut y del reno boreal, ya vivían en la Tierra hombres auténticos, que por la constitución de su cuerpo no se distinguían de los actuales.

§. En la Tierra Aparece el Hombre

La vida en la era cuaternaria.

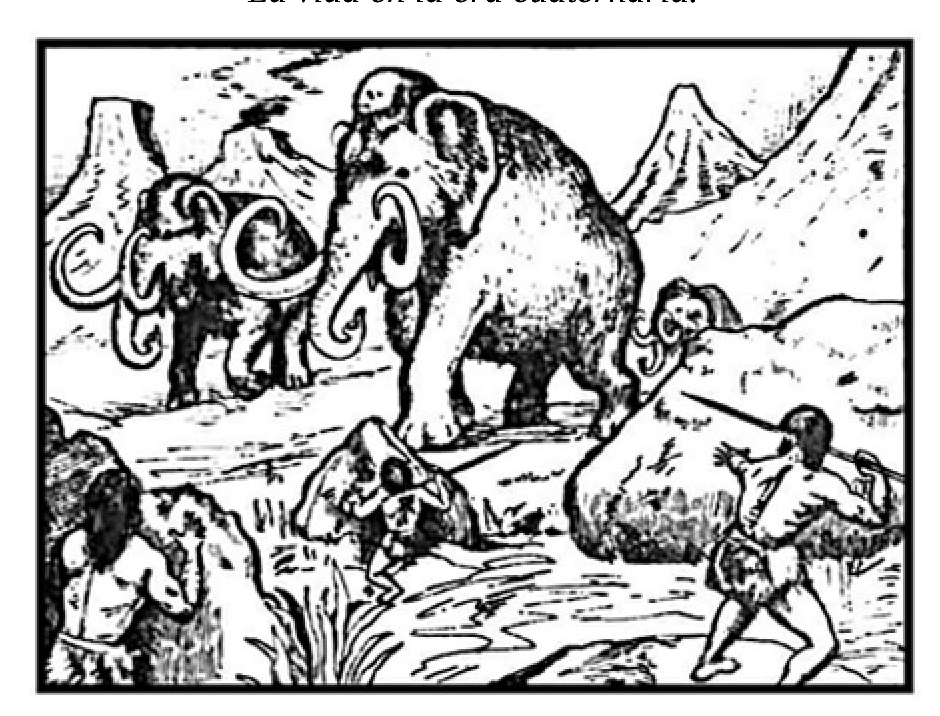


Figura 26. A comienzos de la segunda mitad del período terciario aparecen los monos y con ellos los pitecántropos. Sus descendientes, los hombres de Neandertal u «hombres primitivos», son los antepasados de los hombres actuales. A fines del cuaternario ya vivían en la Tierra hombres auténticos

Conclusión

Hemos pasado revista al largo camino seguido por el desarrollo de la materia y que condujo a la aparición de la vida en la Tierra. Al principio, vimos al carbono disperso en átomos sueltos por la atmósfera incandescente de las estrellas. Posteriormente, lo descubrimos formando parte de los hidrocarburos que se originaron en la superficie de la Tierra. Más adelante estos hidrocarburos dieron derivados oxigenados y nitrogenados y se convirtieron en las substancias orgánicas más simples. En las aguas del océano primitivo esas substancias formaron cuerpos más complejos. Aparecieron las proteínas y otras substancias análogas. Así fue como se formó el material de que están constituidos los animales y los vegetales. Al principio, este material se hallaba simplemente disuelto, pero después se separó, formando los coacervados. Los coacervados primitivos tenían una estructura relativamente sencilla, pero poco a poco se fueron produciendo en ellos cambios esenciales. Se fueron haciendo cada vez más complicados, y su estructura cada vez más perfecta, hasta que por fin se convirtieron en seres vivos primitivos, progenitores de todo lo vivo en la Tierra.

La vida siguió desarrollándose. Al principio, los seres vivos carecían de estructura celular. Pero en una determinada etapa del desarrollo de la vida surgió la célula, se formaron, primero, organismos unicelulares y, luego, organismos pluricelulares, que poblaron nuestro planeta. Así es como la ciencia ha echado por tierra las elucubraciones religiosas acerca del principio espiritual de la vida y el origen divino de los seres vivos.

Los adelantos de las Ciencias Naturales modernas, que han logrado descubrir las leyes que presidieron el origen y el desarrollo de la vida, asestan golpes cada vez más contundentes al idealismo y a la metafísica, a toda la ideología reaccionaria del imperialismo.

Hoy día, cuando ha sido estudiada con todo detalle la organización interna de los seres vivos, tenemos razones más que fundadas para considerar que, más tarde o

más temprano, lograremos reproducir artificialmente esa organización y demostrar así directamente que la vida no es sino una forma especial de existencia de la materia. Los éxitos alcanzados últimamente por la biología soviética nos permiten confiar en que esa creación artificial de seres vivos muy sencillos no sólo es posible, sino que se conseguirá en un futuro no muy lejano.

Resumiendo cuanto ha sido expuesto en los capítulos precedentes se debe, ante todo, rechazar categóricamente todo intento de renovar los viejos argumentos en favor de una repentina y espontánea generación de la vida. Debe pensarse que por muy diminuto y por muy elemental que, a un primer examen, pueda parecer un organismo, es infinitamente más complejo que cualquier solución simple de substancia orgánica. Los organismos poseen una estructura dinámicamente estable, definida, que se funda sobre una combinación armónica. Carece, pues, de sentido esperar que una organización cualquiera pueda originarse accidentalmente, en un espacio de tiempo más o menos breve, de una simple solución o infusión.

Sin embargo, esto no nos puede conducir a la conclusión de que exista una diferencia absoluta y fundamental entre un organismo vivo y la materia inanimada. La experiencia cotidiana nos permite diferenciar los seres vivos del medio que les rodea. Pero las numerosas tentativas para descubrir alguna «energía vital», específica, residente tan sólo en los organismos, han terminado por el completo fracaso, y así nos lo muestra la historia de la biología en los siglos XIX y XX.

El caso es que la vida no puede haber existido siempre. La combinación compleja de manifestaciones y propiedades tan características de la vida debe haber surgido en el proceso de la evolución de la materia. En estas páginas hemos realizado un modesto ensayo para descubrir esta evolución, sin perder contacto con los hechos científicamente establecidos.

La masa gaseosa que se separó rápidamente del Sol, debido a una catástrofe cósmica, proporcionó el material del cual se formó nuestro planeta.

El carbono, en unión con otros elementos de la atmósfera solar, pasó a la masa gaseosa que estaba destinada a formar nuestra Tierra. El carbono se distingue entre

todos los elementos químicos por su excepcional capacidad para formar asociaciones atómicas, y se encuentra invariablemente en todos los organismos vivos. Incluso a temperaturas análogas a las que hoy dominan en la superficie del Sol, sus átomos se unen en pares, y por el ulterior enfriamiento tienden a formar moléculas con gran número de átomos (tipo Cn). Por tanto, en el proceso de la formación de nuestro planeta desde la masa incandescente primitiva de gas, pesadas nubes de carbono deben haberse condensado muy rápidamente en gotas o incluso en partículas sólidas, ingresando en el núcleo primitivo de la Tierra, en forma de una lluvia o nieve carbónica. Entonces, el carbono se puso en contacto inmediato con los elementos de los metales pesados formadores del núcleo, principalmente con el hierro, metal que representa un componente esencial del núcleo central de nuestro planeta.

Mezclado con los metales pesados, el carbono fue interviniendo en las reacciones químicas a medida que la Tierra se enfriaba, produciéndose carburos, que son los compuestos de carbono más estables a elevadas temperaturas. La corteza de rocas ígneas primarias que se formó luego se interpuso entre los carburos y la atmósfera de la Tierra. La atmósfera de aquellos tiempos difería de la actual en que no contenía oxígeno ni nitrógeno, estando, en cambio, llena de vapor acuoso supercalentado. La corteza situada entre los carburos y la atmósfera fue perdiendo resistencia ante los embates de las gigantescas olas de la masa fundida interior causadas por las fuerzas atractivas del Sol y de la Luna. La delgada capa de rocas ígneas debió romperse durante estas oleadas, y, a través de las grietas formadas, la masa líquida fundida irrumpiría desde la profundidad, extendiéndose sobre la superficie de la Tierra. El vapor acuoso supercalentado de la atmósfera, al ponerse en contacto con los carburos reaccionaría químicamente, dando lugar a la materia orgánica más sencilla, los hidrocarburos, los cuales a su vez, darían origen a una gran variedad de derivados (alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos orgánicos, etc.), a consecuencia de la oxidación por el oxígeno del agua. Al mismo tiempo, estos hidrocarburos reaccionarían también con el amoniaco, que apareció en este período

sobre la superficie de la Tierra. Así se producirían las aminas, las amidas y otros derivados nitrogenados.

Mientras tanto, nuestro planeta se enfriaba suficientemente para permitir la condensación del vapor acuoso y la formación de la primera envoltura de agua caliente alrededor de la Tierra, agua que ya contenía en solución substancias orgánicas, cuyas moléculas estaban construidas por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Estas substancias orgánicas estarían dotadas de una enorme potencialidad química y entrarían a formar parte de numerosas reacciones químicas, no sólo entre sí, sino también con los elementos del agua. Como consecuencia de esas complejas reacciones se producirían compuestos orgánicos de complicada molécula, análogos a los que hoy día constituyen el organismo de animales y vegetales. Las proteínas, tan importantes desde el punto de vista biológico, han debido originarse así mediante dicho proceso.

Al principio esas substancias estarían presentes en el agua de los lagos y mares en forma de sistemas coloidales. Sus moléculas hallaríanse dispersas y uniformemente distribuidas en el vehículo, completamente inseparables del medio dispersante. Entonces, al mezclarse las soluciones coloidales de diversas substancias, se originarían formaciones especiales, los llamados coacervados o geles coloidales semilíquidos. Durante este proceso las substancias orgánicas se concentrarían en sistemas especialmente definidos y separados del disolvente mediante una membrana más o menos marcada. Dentro de esos coacervados o geles las partículas coloidales asumirían posiciones determinadas unas respecto a otras: es decir, comenzaría a aparecer en los coacervados una cierta estructura elemental. Cada gotilla coacervada adquiriría cierto grado de individualidad, y su ulterior destino quedaría determinado no sólo por las condiciones del medio externo, sino también por su propia estructura fisicoquímica interna específica. Esta estructura interna de la gotilla determinaría su capacidad para alimentarse con mayor o menor rapidez, e incorporarse substancias orgánicas disueltas en el agua circundante. Dicho fenómeno tendría por consecuencia el aumento de volumen de la gotilla, es decir, la

adquisición del poder del crecimiento. La rapidez de este crecimiento dependería de la estructura fisicoquímica interna de cada sistema coloidal y sería tanto mayor cuanto más adaptado estuviese el sistema para absorber y para transformar químicamente las moléculas absorbidas.

Surgió así una situación particular que puede ser considerada como una competición en el crecimiento de los geles coacervados. Sin embargo, la estructura fisicoquímica de los geles durante el crecimiento no permanecería inalterada, sino que tendería constantemente a cambiar debido a la adición de nuevas substancias, a la interacción química, etc. Estas transformaciones podrían dar lugar a perfeccionamientos de la organización, o, por el contrario, a la desintegración y pérdida de su estructura; en otras palabras, podrían producir la autodestrucción y disolución de las gotillas coacervadas. Para la continuación de la existencia y del desarrollo tendrían únicamente importancia los cambios de la estructura coloidal que capacitasen al gel para absorber substancias disueltas más rápidamente, facilitando su crecimiento; en otras palabras, las modificaciones de tipo progresivo. Se produciría así un proceso particular de selección en virtud del cual se originarían sistemas coloidales con una organización fisicoquímica muy desarrollada, o sea los organismos primarios más sencillos.

Este breve resumen, pretende demostrar la evolución gradual de las substancias orgánicas y la manera cómo partiendo de las propiedades primarias más simples y elementales de la materia, se van adquiriendo paso a paso nuevas propiedades sujetas a leyes de orden superior. Al principio se trata de soluciones simples de substancias orgánicas, cuyo comportamiento es gobernado por las propiedades de los átomos en la estructura molecular. Pero gradualmente, como consecuencia de la mayor complejidad y volumen de las moléculas, van apareciendo nuevas propiedades y se establecen nuevos órdenes coloido-químicos que se imponen sobre las sencillas relaciones químicas orgánicas. Estas nuevas propiedades están determinadas por la situación en el espacio y la relación recíproca de las moléculas. Pero esta configuración de la materia orgánica todavía era insuficiente para hacer

surgir los seres vivos primarios. Para que esto pudiera producirse era necesario que los sistemas coloidales, en el proceso de su evolución, adquirieran propiedades de un orden aún más elevado que les permitiera alcanzar la fase siguiente más avanzada de la organización de la materia. En esta evolución ya se destacan los procesos de orden biológico. Competición en el crecimiento, lucha por la existencia y, finalmente, selección natural que determina la forma de organización material que es característica de los seres vivos de nuestros días.

Desde hace largo tiempo la selección natural ha destruido y borrado completamente de la faz de la Tierra todas las formas intermedias de organización de los sistemas coloidales primarios y de los seres vivos más sencillos, y, en cuanto las condiciones externas fueron favorables para la evolución de la vida, encontramos infinito número de seres vivos de organización muy desarrollada. Si en la actualidad pudiera aparecer materia orgánica no llegaría a evolucionar mucho, debido a que sería rápidamente consumida y destruida por los innumerables microorganismos que pueblan la Tierra, el agua y el aire. Por esta razón, el proceso de evolución de la substancia orgánica, el proceso de formación de la vida, bosquejado en las páginas anteriores, no puede ser observado directamente en la actualidad. Los intervalos de tiempo enormemente largos que separan los diferentes pasos de este proceso impiden reproducir en el laboratorio lo que ocurrió en la naturaleza.

Queda, sin embargo, el problema de la síntesis artificial de los organismos, pero para su solución es esencial el conocimiento exacto de la estructura interna de los seres vivos. Incluso la síntesis de las combinaciones orgánicas relativamente simples sólo puede ser conseguida cuando se conoce más o menos completamente la disposición de los átomos en su molécula. Y como es natural, esta afirmación tiene mayor exactitud en el caso de esos sistemas complejísimos que constituyen los organismos. Estamos todavía muy lejos de tener un conocimiento comprensivo de los organismos vivos para poder soñar con obtener su síntesis química. Por tanto, las actuales investigaciones acerca del origen de la vida deben limitarse a los estudios de carácter puramente analítico.

Nos encontramos ante el colosal problema de investigar y estudiar cada uno de los períodos del proceso evolutivo que hemos bosquejado en estas páginas. Debemos ahondar en el estudio de las proteínas, debemos conocer la estructura de los sistemas orgánicos coloidales, de los fenómenos, de la organización protoplasmática, etc. El camino es largo y duro, pero sin duda conducirá al perfecto conocimiento de la esencia de la vida. La formación artificial o síntesis de los seres vivos está muy remota, pero no es una meta inalcanzable si se sigue esa ruta.

Autor



Aleksandr Ivanovich Oparín (Úglich, 2 de marzo de 1894 – Moscú, 21 de abril de 1980) fue un biólogo y bioquímico soviético que realizó importantes avances conceptuales con respecto al origen de la vida en el planeta Tierra.

A los 18 años coleccionó su primer herbario y estando en el liceo se familiarizó con la teoría de la evolución de Charles Darwin (El origen de las especies) a través de las publicaciones del profesor Kliment Arkadievich Timiriázev. Aleksandr Oparín se graduó en la Universidad Estatal de Moscú en 1917. En 1924 comenzó a desarrollar una hipótesis acerca del origen de la vida, que consistía en un desarrollo constante de la evolución química de moléculas de carbono en el caldo primitivo. La hipótesis de Oparín fue retomada por Stanley Miller, que puso en práctica el experimento en el que lograba crear parcialmente materia orgánica a partir de materia inorgánica.

En 1935 fundó el Instituto Bioquímico RAS y en 1946 fue admitido en la Academia de Ciencias de la URSS. En 1970 fue elegido presidente de la Sociedad Internacional para el Estudio de los Orígenes de la Vida. Está enterrado en el Cementerio Novodévichi, en Moscú.

[1] V. I. Lenin, *Cuadernos filosóficos*, pág. 304. Editorial del Estado de Literatura Política, 1947.
[2] V. I. Lenin, *Materialismo y empiriocriticismo*, pág. 71, Editorial en español, Moscú, 1948.
[3] V. Stalin, *Obras*, t. 1, pág. 318, Editorial en español, Moscú, 1953.
[4] Fue escrita por Engels entre 1873 y 1883 y publicada por primera vez en 1925 por Ryazanov (N. del traductor).
[5] F. Engels, *Dialéctica de la Naturaleza*.
[6] W. Preyer, *Die Hypothesen über den Ursprung des Lebens*, Berlín, 1880.
[7] H. Richter, *Zur Darwinschen Lekre Jahrb*. Ges. Med. 126, 1865.
[8] J. Liebig. *Conferencias sobre química*.
[9] H. von Helmholtz, *Handbuch der Theoretischen Physik*, Braunschweig, 1874.
[10] H. von Helmholtz, obra citada.
[11] Ch. Lipman, *An. Museum Novitates*. 588, 1932.
[12] S. Arrhenius, *Lehrbuch des Kosmischen Physik*, 1903.
[13] S. Kostychev. *La aparición de la vida sobre la Tierra*, Gosizdat, 1921.
[14] J. Jeans, *Contemporany development of cosmic physics*, Srulhsorian Ball, 1927.
[15] F. Engels, *Anti-Dühring*, Editorial Grijalbo, S. A. MéxicoD. F., 1964.
[16] Las figuras numeradas desde el 20 al 26 se han ubicado en otra posición con respecto a la versión impresa. Esto con el fin de facilitar su concordancia a los temas que ilustran. Esto ha implicado evitar la duplicación del texto que originariamente estaba en la nota de cada imagen, por cuanto ese texto de forma integral esta en el cuerpo del libro. (N. del E. D.).